



Notebook mit
Faltdisplay

VPN-Netze einrichten

Alles fernvernetzen: Server, Dateifreigaben, PCs, Smartphones
Einfacher als WireGuard • Peer-to-Peer statt Server-Engpass

TEST

Samsung Galaxy S23, S23+ und S23 Ultra
Neue High-End-CPU von AMD und Intel
Grafikkarten mit Nvidia GeForce RTX 4070 Ti
Innovative Linux-Distribution Vanilla OS
Funkmikrofone mit Aufnahmefunktion

Mit KI Texte optimieren

Von DeepL Write bis Rytr – Was auf Deutsch schon geht

FOKUS

Mobilfunk-Laufzeittarife bis 30 Euro/Monat
ChatGPT-Praxis: Rap-Songs produzieren
Redundanter Container-Speicher mit Longhorn
Digitalisierung: Deutschland verpasst EU-Ziele



€ 5,90

AT € 6,50 | LUX, BEL € 6,90

NL € 7,20 | IT, ES € 7,40

CHF 9,90 | DKK 64,00

Handys unter 200 Euro im Test

Smartphones, Klapphandys, Tastentelefone, Feature-Phones

Mit dabei: Lange Laufzeiten, helle Bildschirme, Dual-SIM, Audiobuchse

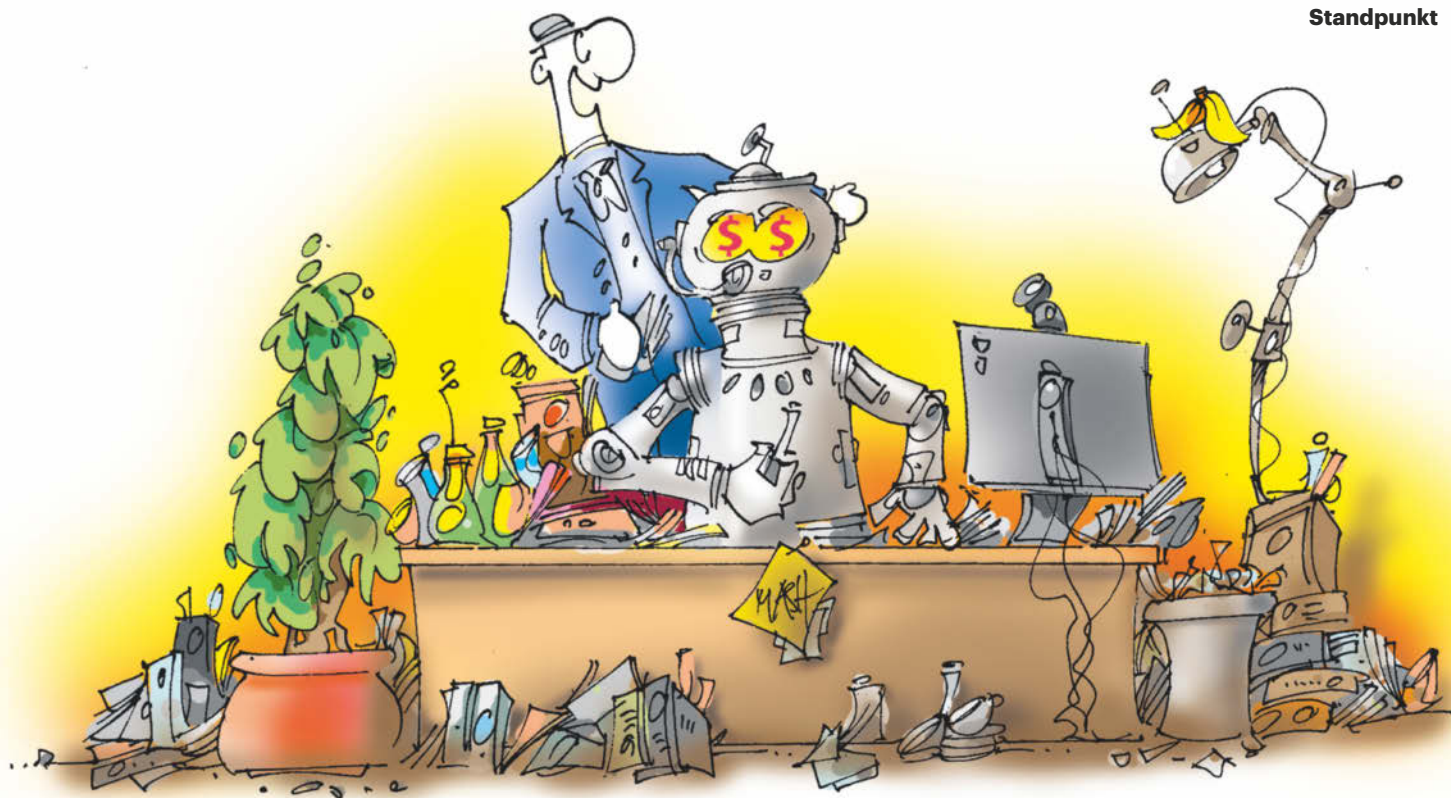




DIE WIN-WIN-WIN-WIN-SITUATION



avm.de/testsieger



OpenAI: The Future is Money

OpenAI, das Start-up hinter dem KI-Chatbot ChatGPT, hat kürzlich eine Partnerschaft mit der Unternehmensberatung Bain & Company bekannt gegeben: Die Allianz bringe "Klarheit in die sich stetig erweiternde Liste möglicher Business-Anwendungen", indem sie "OpenAI's Technologie mit Bains umfassendem Verständnis von Geschäftsstrategie und sozialer Verantwortung verbindet". Erster Kunde: Coca-Cola.

Wer da beim Lesen stellvertretend eine gewisse kognitive Dissonanz empfindet, ist wahrscheinlich nicht alleine. Anfangen hat OpenAI 2015 als Non-Profit-Organisation, laut Mission-Statement ausdrücklich dem Allgemeinwohl verpflichtet. Sie versprach, ihre Forschungen und Entwicklungen darauf auszurichten, dass die künstliche Intelligenz der gesamten Menschheit zugutekommt. Man wolle ausdrücklich "verhindern, dass die Technologie Menschen schadet oder eine übermäßige Machtkonzentration herbeiführt". 2019 hat sich OpenAI dann neu und zu Teilen als gewinnorientiertes Unternehmen aufgestellt, die Aura von Gemeinnützigkeit wurde allerdings sorgsam konserviert.

Dass OpenAI sich jetzt ausgerechnet mit Bain verpartnert, kann man schon fragwürdig finden: Erst 2022 war die Unternehmensberatung derart in einen Korruptionsskandal verwickelt, dass südafrikanische Behörden sie als Beraterin des öffentlichen Sektors für mehrere Jahre gebannt haben. Ironischerweise behauptet OpenAI in

seinem Mission Statement auch heute noch, das Wohl der Menschheit stehe im Fokus. Dass der Zusammenschluss ganz unverhohlen das Ziel verfolgt, mit den Technologien von OpenAI Konzerngewinne zu maximieren, ist vor diesem Hintergrund geradezu lächerlich. Weder braucht die Menschheit noch mehr Gewinne für Konzerne noch eine derartige Verflechtung von potenziell zukunftsweisender Technologie und den Interessen von Großkonzernen. Was die Welt stattdessen bräuchte, wären Lösungen für ein paar dringende Probleme.

Relativ weit oben auf der Liste solcher Probleme, an deren Milderung man als gemeinnütziges KI-Start-up hätte arbeiten können, stünde zum Beispiel der Klimawandel. Denn natürlich kommt künstliche Intelligenz auch in der Klimaforschung zum Einsatz. Wie Wissenschaftler KI – wenn auch in diesem Fall keinen Chatbot von OpenAI – zur Beobachtung des Klimas nutzen und was das bringt, lesen Sie im Artikel "KI gegen die Erderwärmung" in der kommenden c't.



Kathrin Stoll

Kathrin Stoll

TERRA MOBILE 1470U

*Außergewöhnlich.
Flach.
Leistungsstark*



Holen Sie sich mit Windows 11 Pro das bisher sicherste Windows

Die neuen Windows 11-Geräte integrieren Hardware und Software und bieten so einen leistungsstarken, sofort einsatzbereiten Schutz, der Berichten zufolge die Zahl der Firmware-Angriffe um das 3,1-fache reduziert.¹ Schützen Sie das Herzstück mit hardwarebasierter Sicherheit wie dem neuesten TPM 2.0, Sicherheit auf Chipebene sowie Schutzmaßnahmen für

Daten und Identitäten. Damit Sie von Anfang an sicher sind, verhindert Windows 11, dass Schadsoftware beim Starten geladen wird. Darüber hinaus können Sie Ihren Zero-Trust-Schutz verstärken, indem Sie Ihre Daten und Ihr Netzwerk durch einen hardwarebasierten Root-of-Trust-Support unterstützen, der die Integrität von Geräten aufrechterhält und verifiziert.

ERHÄLTlich BEI IHREM TERRA FACHHÄNDLER

IBN Gesellschaft für Systemtechnik mbH, **14478** Potsdam, Tel. 0331/888400 • Capeletti & Perl GmbH, **20097** Hamburg, Tel. 040/23622 0 • Computer-Service-Buchholz GmbH, **21244** Buchholz i.d.N., Tel. 04181/137373 • Caligrafika, **26133** Oldenburg, Tel. 0441/9250095 • T&S Computech GmbH, **30175** Hannover, Tel. 0511/884817 • B.I.T. Datentechnik GmbH, **31675** Bückeburg, Tel. 05722/95040 • Systemhaus Przykopanski, **31848** Bad Münde, Tel. 05042/933160 • MBörso-Computer GmbH, **33100** Paderborn, Tel. 05251/28818-0 • Microtec GmbH, **33649** Bielefeld, 0521/9455274 • bits+bytes Computer GmbH & Co. KG, **35745** Herborn, Tel. 02772/94990 • RODIAC EDV-Systemhaus GmbH, **42551** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbreite Datentechnik GmbH, **48161** Münster, Tel. 02533/930802 • Großbecker & Nordt Bürotechnik-Handels-GmbH, **50859** Köln, Tel. 02234/40890 • Franken & Vogel GmbH, **55124** Mainz, Tel. 06131/14406-34 • SURE DataSystems, **57627** Hachenburg, Tel. 02662/95830 • Pauly Büromaschinen Vertriebs GmbH, **65555** Limburg, Tel. 06431/500466 • Krieger GmbH & Co KG, **68163** Mannheim, Tel. 0621/833160 • G+S Computer GmbH **68519** Viernheim, Tel. 06204/607921 • KAISYS.IT GmbH, **72793** Pfullingen, Tel. 07121/145330 • Daner IT-Systemhaus GmbH, **72760** Reulingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • Resin GmbH & Co.KG, **79589** Binzen, Tel. 07261/6660 • Office Komplett, **79664** Wehr, Tel. 07762 / 708860 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, 09278/98610-0 •

WORTMANN AG empfiehlt Windows 11 Pro für Unternehmen.



Magnesium-
gehäuse



TERRA MOBILE 1470U

- Intel® Core™ i5-1235U Prozessor (12M Cache, bis zu 4.40 GHz)
- Windows 11 Pro
- Displaygröße 35.6 cm (14") 1920 x 1080 FHD Auflösung
- 8 GB RAM
- 500 GB SSD
- Intel® Iris® XE Graphics

Artikel-Nr.: 1220769

1.199,-*

Preis UVP inkl. gesetzl. MwSt.

* Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise in € inklusive gesetzlicher Mehrwertsteuer. Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter www.wortmann.de. Solange der Vorrat reicht. Keine Mitnahmegarantie.

Ultrabook, Celeron, Celeron Inside, Core Inside, Intel, das Intel-Logo, Intel Atom, Intel Atom Inside, Intel Core, Intel Inside, das „Intel Inside“-Logo, Intel vPro, Itanium, Itanium Inside, Pentium, Pentium Inside, vPro Inside, Xeon, Xeon Phi, Xeon Inside und Intel Optane sind Marken der Intel Corporation oder ihrer Tochtergesellschaften in den USA und/oder anderen Ländern.

¹ Windows 11 Survey Report, Techaisle, Februar 2022. Ergebnisse für Windows 11 basieren auf einem Vergleich mit Geräten mit Windows 10.

www.wortmann.de

WORTMANN AG
IT. MADE IN GERMANY.

Titelthemen

VPN-Netze einrichten

- 18 **Peer-to-Peer-VPNs** Was sie leisten
- 20 **Für Fernwartung und Freigaben** Vier VPNs
- 26 **Smartphoneschutz** Privatsphäre mit PGPP
- 28 **P2P-VPNs** aufsetzen mit ZeroTier

Handys unter 200 Euro im Test

- 58 **Preiswert** Smartphones für Einsteiger
- 60 **Smartphones** von Motorola bis Xiaomi
- 67 **Tastendhandys** mit KaiOS, S30+ und Android Go

Mit KI Texte optimieren

- 120 **Schreibassistenten** DeepL & Co. im Test

Aktuell

- 16 **KI-Crawler** Verlage wehren sich gegen Bots
- 32 **Internet** MeinElster+, Bing mit KI für Windows
- 33 **Digitalpolitik** E-Perso fürs Handy
- 34 **Linux** Ubuntu ohne Flatpak, M1-Support
- 35 **Anwendungen** Aus für OneNote, OnlyOffice 7.3
- 36 **Forschung** Fusionsreaktor, Bioelektronik
- 38 **Bit-Rauschen** Übertakter-Xeons, mehr Fabs
- 39 **DDR5-Speicher** mit 24 und 48 GByte
- 40 **Chip-Krieg** China reagiert auf US-Embargo
- 42 **Netze** Wi-Fi 7 und Zigbee für Fritzboxen
- 43 **TV-Technik** OLED mit Mikrolinsen, 8K
- 44 **Gefälschte SSD** aus „Chona“
- 45 **Prozessoren** Xeon für Workstations
- 46 **Smartphone mit Rolldisplay** von Lenovo
- 48 **Minicomputer** Raspberry Pi Pico, Debugger
- 50 **Videostreaming** RTL+ teurer
- 51 **Spiele** Steam-Spiele aus dem LAN, MarioGPT
- 52 **Nachhaltigkeit** Zertifikat für Rechenzentren
- 54 **Web-Tipps** Krypto-Rätsel, Farbwähler, Trips

Test & Beratung

- 74 **Netzwerkspeicher** Synology DS723+
- 76 **Wi-Fi-6-Repeater** Fitz-Repeater 3000 AX
- 78 **Smarter Heizlüfter** Sichler LV-860
- 79 **USB-WLAN-Stick** Edimax EW-7822UMX
- 79 **Externe SSD** SanDisk Pro-G40
- 80 **3D-Soundbar** Sennheiser Ambeo Plus
- 82 **Handyhalter mit Autotracking** Obsbot Me

- 83 **Inhalte-Indexer für macOS** Hookmark 5.0.1

- 84 **Innovative Linux-Distribution** Vanilla OS

- 86 **Notebook mit Faltdisplay**

- 90 **Gaming-Notebook** mit Wasserkühlung

- 94 **Neue High-End-CPUs von AMD und Intel**

- 98 **Grafikkarten mit Nvidia GeForce RTX 4070 Ti**

- 104 **Samsung Galaxy S23, S23+ und S23 Ultra**

- 108 **Funkmikrofone mit Aufnahmefunktion**

- 114 **Mobilfunk-Laufzeittarife bis 30 Euro/Monat**

- 182 **Bücher** Hackerwissen, Code-Anekdoten

Wissen

- 126 **Zahlen, Daten, Fakten** Mobile Apps

- 128 **Digitalisierung: Deutschland verpasst EU-Ziele**

- 130 **Batteriespeicher** für ein stabiles Stromnetz

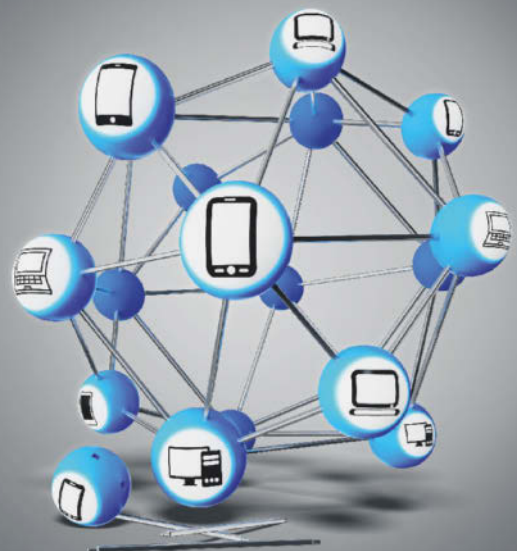
- 136 **Autonome Drohne** erkundet Hallen ohne GPS

- 140 **Webservices** programmieren in C++

- 146 **40 Jahre c't** Der Hype um Second Life

- 172 **Homeoffice** Neuregelungen bei der Steuer

18 VPN-Netze einrichten



Bei VPNs mit Peer-to-Peer-Technik zaubert eine Zentrale die Schlüssel auf die Clients und von da an gelingt alles mühelos: Freigeben von Ordnern, Fernwarten von PCs, Einbinden von Smartphones und einiges mehr.

Praxis

- 148 ChatGPT-Praxis: Rap-Songs produzieren**
- 152 Hacking** Knobelaufgaben lösen
- 158 Netzwerke** Grundlagen lernen mit Filius
- 164 Redundanter Container-Speicher mit Longhorn**

Immer in c't

- 3 Standpunkt** OpenAI: The Future is Money
- 10 Leserforum**
- 15 Schlagseite**
- 56 Vorsicht, Kunde** E.ON jubelt Gasanschluss unter
- 174 Tipps & Tricks**
- 178 FAQ** Debitkarten
- 184 Story** Neurospace
- 192 Impressum**
- 193 Inserentenverzeichnis**
- 194 Vorschau 8/2023**

Papierqualität

Seit Ausgabe 5/2023 lesen Sie die gedruckte c't auf rauherem und etwas dunklerem Papier als üblich. Es handelt sich um das gleiche Papier (PerlenSnowprint) wie für die Ausgaben 12 und 13 im vergangenen Jahr. Nach den vielen positiven Leserrückmeldungen darauf (blendet nicht, lässt sich besser umblättern) haben wir uns dazu entschieden, ausschließlich dieses Papier zu verwenden. Einigen Lesern und auch uns fiel jedoch in Ausgabe 5 und 6 auf, dass das Papier zu wellig ist. Techniker vor Ort bei der Druckerei sind dabei, das Problem abzustellen. Das Papier besteht vorwiegend aus Recyclingmaterial.



58 Handys unter 200 Euro im Test



Ein Smartphone muss keine Unsummen kosten, doch bei Preisen unter 200 Euro sollte man die Schwächen kennen. Wer auf einige smarte Funktionen verzichtet, kommt ab 70 Euro sogar noch günstiger davon.

Frisch aus
c't Nerdistan

148 ChatGPT hilft beim Produzieren eines Rap-Songs

c't Hardcore

140 Webservices in C++ mit Boost.Beast

164 Container Redundanter Speicher mit Longhorn

secIT by Heise

HANNOVER 2023

meet.
learn.
protect.

14.–16. März 2023

Inklusive
IT-Recruiting-Area

@ heise Jobs
— IT KOMPAKT —



Aussteller



DIE Kongressmesse für Security-Experten

Entdecken Sie aus erster Hand die neuesten Trends, Produkte und Sicherheitslösungen.

HIGHLIGHTS

Trends und aktuelle Buzzwords in der IT-Sicherheit

Stefan Strobel

Was man aus Cybervorfällen lernen kann, um die Cyberresilienz zu verbessern

Gregor Wegberg

Wenn der Deepfake zweimal klingelt

Tobias Schrödel, Live-Demonstration

Jetzt Ticket sichern:
secit-heise.de



Offizieller
Eventpartner



Partner der Recruiting-Area



Kooperationspartner



Bandbreite begrenzt

Breitbandinternet: Wahres Tempo, c't 6/2023, S. 3

Es ist billig, auf die Provider einzuschlagen, wenn die Bandbreite in die Knie geht. Wer ein kleines bisschen Kenntnis in Physik hat, weiß, dass Funk „Shared Media“ ist. Alle Teilnehmer teilen sich die physikalisch begrenzte Bandbreite. Je mehr Teilnehmer, umso weniger kann jeder Einzelne bekommen. Insofern: Works as expected.

Christoph Schmees 

Lenovo statt Fujitsu

Gebraucht gekaufter Thin Client Fujitsu Futro S740 für Bastelprojekte, c't 6/2023, S. 34


Die Lenovo M910X/M920X/M90Q sind eindeutig die bessere Wahl. Die CPUs sind deutlich stärker, der Verbrauch mit 3 bis 6 Watt sehr gering. Man kann ab Werk 2 NVMe- und eine SATA-SSD verbauen und es ist nicht nur ein WLAN-Slot dabei, sondern auch ein regulärer PCIe-Slot. Da passt sogar eine 10G-Karte rein oder eine Adapterkarte für eine dritte NVMe.

mgutt 

Selbstverständlich sind Mini-PCs mit Core-i-Prozessoren deutlich stärker als ein Thin Client mit Celeron J4105. Allerdings haben die erwähnten Geräte allesamt Lüfter, die unter Last auch deutlich hörbar sind. Und anscheinend sind diese Rechner selten für 70 Euro zu finden.

Wir freuen uns über Post

 redaktion@ct.de

 c't Forum

 c't Magazin

 @ctmagazin

Ausgewählte Zuschriften drucken wir ab. Bei Bedarf kürzen wir sinnwährend.

Antworten sind kursiv gesetzt.

 Anonyme Hinweise
<https://heise.de/investigativ>

Das Teil ist klasse!

Ich nutze den S740 seit mittlerweile einem halben Jahr als Heimserver und bin bisher an keine Performance-Grenzen gestoßen. Im Gegenteil – bei Bedarf könnte ich meine USB-Platte dank M2-Schacht durch ein vollwertiges SATA-RAID ersetzen.

Für alle, die einfach nur ein paar Container ohne fetten NAS-Unterbau laufen lassen möchten, ist das Teil perfekt. Erwähnenswert finde ich noch, dass Plex auf dem Futro dank QuickSync-fähiger Intel-GPU hardwarebeschleunigt transkodieren kann, und das sogar mit 4K-Bluray-Remuxes absolut flüssig. Das ist mit einem Raspberry Pi 4 (vermutlich die nächste Alternative) schlicht nicht möglich.

alpath 

Spannend, aber schräg

40 Jahre c't: Wir verlosen zwei „Homematic IP“-Startersets von eQ3, c't 6/2023, S. 62

Das war spannend. Ich habe mir das erste Mal im Leben F# genauer angeschaut. Aber mit Interesse für verschiedene Programmiersprachen (Java, COBOL, JavaScript, Groovy, Smalltalk, LISP, Clojure, PHP, Perl etc.) kam ich darauf, wie man eine bessere Codeabdeckung hinbekommt.

Eine Nulldivision gezielt zu provozieren ist für einen Softwareentwickler leicht schräg. Andererseits schreibt man im Berufsalltag ja für solche Fälle immer passende Tests.

Frank Mattes 

Danke für die vielen Einsendungen zu unserem Rätsel in c't 6/2023. Die Auflösung veröffentlichen wir in der kommenden Ausgabe.


Schnell eingereicht


Was der Grundsteuer-Irrsinn mit verschleppter Digitalisierung zu tun hat, c't 6/2023, S. 130

Bei solchen Artikeln frage ich mich regelmäßig, warum ich noch Termine einhalte.

Bei der größten Anschaffung meines Lebens hielt ich es 1993 für eine gute Idee, alle damit zusammenhängenden Unterlagen in einem Ordner zu sammeln. Anfang 2022 trudelte die Nachricht [das Anschreiben zur Grundsteuer, Anm. d. Red.] vom Finanzamt ein. Also den besagten

Fragen zu Artikeln

 Mail-Adresse des Redakteurs
am Ende des Artikels

 Artikel-Hotline
jeden Montag 16–17 Uhr
05 11/53 52-333

Ordner rausgezuppt und flugs alle Daten in ein Worddokument übertragen (laut Windows-Explorer im Mai 2022).

Das Elster-Zertifikat hatte ich bereits, weil Einkommensteuererklärungen ab 2021 nur noch auf Papier oder mit besagtem Zertifikat online erledigt werden können. Am 8. Juli 2022 habe ich die Daten aus der Worddatei auf Elster eingetragen. Schlauerweise an einem Freitag gegen 11 Uhr. Denn da war auch die Hotline erreichbar. 20 Minuten später war alles erledigt.

Klaus Braun 

Tool-Empfehlung calc

1001 Möglichkeiten, mal eben schnell was auszurechnen, c't 6/2023, S. 132

Das Tool calc gibts schon ewig, es wird aber weiterentwickelt und ist einfach und sehr mächtig (unter Windows mit cygwin): github.com/lcn2/calc.

etzy 

Macht Freude

Leiser, sparsamer Mini-PC-Bauvorschlag für 400 Euro, c't 6/2023, S. 150

Eine Superzusammenstellung der Komponenten. Er [der Mini-PC-Bauvorschlag, Anm. d. Red.] hat jetzt meine alte Asus Eee Box EB1505-B010M Desktop-PC („1-Liter-PC“) abgelöst. Die neue kleine Kiste macht viel Spaß und Freude – sowohl unter Ubuntu als auch Windows 11 und hält alle Ihre Versprechungen.

Markus Marweg 

Nachhaltig abschreckend

Apples Self Repair Programm ausprobiert, c't 6/2023, S. 156

Als hobbymäßiger Schrauber und Freiwilliger in einem Repair Café liegt es mir am

DESIGNED FOR **BUSINESS**

Drucksicherheit

Brother versteht, dass die vernetzte Technologie der heutigen Arbeitsumgebungen alle Unternehmen vor wachsende Sicherheits Herausforderungen stellt. Daher bieten wir Ihnen ein umfassendes Angebot an Hardware, Software und Services, die sich Ihnen und den sich ständig ändernden Anforderungen an moderne Arbeitsplätze anpassen. Dabei verwenden wir eine dreifache Sicherheitsregulierung auf Netzwerk-, Hardware- und Dokumentenebene mit einer Reihe von Funktionen.

Hier mehr dazu erfahren,
wie Brother Ihr Business
unterstützen kann:



www.brother.de/designed-for-business





Mit „einschüchternden Spezialwerkzeugen“ für Apples Self Repair Programm schreckt Apple Hobbyschrauber ab, meint c't-Leser Johannes Hüffer.

Herzen, dass insbesondere moderne Elektronik deutlich zugänglicher wird, um Menschen wieder zu ermutigen, selbst Hand anzulegen und wenigstens Verschleißkomponenten wie Akkus auszutauschen.

Was Apple hier abliefern, hat mich den Kopfschütteln und ratlos lachen lassen: Wer ernsthaft einen teuren Satz an einschüchternden Spezialwerkzeugen ordern muss – zu einem höheren Preis, als eine professionelle Reparatur durch Dritte kostet (egal ob Apple oder andere) – und dann auch noch das Risiko selbst trägt, wird kaum zu künftigen Reparaturversuchen ermutigt.

Vielmehr möchte ich Apple fragen, ob diese Initiative eher zur äußerst kreativen, nachhaltigen Abschreckung von Reparaturen dienen soll als der Förderung eines nachhaltigen, offenen Produktdesigns. Im Grunde halte ich diese Aktion für einen sarkastischen, schlechten Scherz Apples. Die Kontrolle über den gesamten Prozess und die Möglichkeiten bleiben in der Hand des Herstellers, der eigentlich zu sagen scheint: „Möchtest du dir das antun?“ Euer Artikel verdeutlicht die tatsächliche Mühseligkeit einer Reparatur von Apples Produkten, die im Gegenteil unzugänglicher geworden sind denn je.

Johannes Hüffer

Hacking-Tool umfunktioniert

Die Werkzeuge der Hacker im Test, c't 5/2023, S. 16

Da ich weder ein böser noch ein guter Hacker bin, dafür zu Hause immer weiter an meinem Smart Home bastle, denke ich bei (fast) allen Artikel im Hinterkopf auch an

mein Smart Home. Als ich dann die Vorstellung über das Nooelec NESDR Smart v5 las, dachte ich, das könnte noch hilfreich sein, wenn ich wieder mal einen Sensor zum Ausprobieren bestellt habe und diesen nicht ins Smart Home integrieren kann. So kann ich die Datenübertragung analysieren. Also bestellte ich ein NESDR.

In der Zwischenzeit überkam mich die Idee, dass es damit doch möglich sein sollte, mit der Auto-Fernbedienung (welche auf 433 MHz sendet) ein Signal abzusetzen, welches ich dann analysiere und – sofern es das richtige Signal ist – einen Befehl ans Smart Home sende, um mein Nuki-Wohnungstürschloss zu öffnen. Nach ein paar Stunden grübeln und ausprobieren hat es dann tatsächlich geklappt.

Michael Q.

Diese Lösung ist potenziell anfällig für Replay-Angriffe. Würde ein Angreifer das Funksignal des Autoschlüssels aufzeichnen und später wieder abspielen, könnte er sich unter Umständen Zutritt zur Wohnung verschaffen. Auch wenn dieses Szenario nicht sehr wahrscheinlich ist, empfehlen wir, diesen kreativen Hack nur für unkritische Anwendungen zu nutzen.

Hyperloop vs. Shinkansen

Hyperloop verspricht schnellste und nachhaltige Züge, c't 5/2023, S. 140

Stand heute: Von Tokyo nach Osaka sind es 515 km. Das geht in 2 Stunden und 22 Minuten mit Stopps dazwischen (etwas über 215 km/h im Schnitt). In der Rush-Hour fährt eine zweistellige Zahl an Zügen

pro Richtung und Stunde. Die neue Strecke ist im Bau. Die wird weniger Umwege machen, nur noch 438 km lang sein. Fahrzeit: 67 Minuten wird angepeilt. Schnitt dann nah an 400 km/h. Der erste Teil soll 2027 in Betrieb gehen.

So, nun bin ich mal gespannt, wie der Hyperloop wird. Und wie sich diese kleinen Kapseln beim Verbrauch gegen einen langen, voll besetzten Shinkansen schlagen. Der Shinkansen hat bestimmt viel mehr Luftwiderstand, aber auch viel mehr Leute, die drinnen sind. Letztlich geht es um Verbrauch pro Sitzplatz.

pulsedriver

Ergänzungen & Berichtigungen

Vireneffektalarm beheben

c't-KeyFinder liest Installationsschlüssel aus Windows – und zwar alle, c't 6/2023, S. 68

Viele Leser berichteten uns, dass die ursprüngliche Version des c't-KeyFinders einen Fehlalarm bei Ihrem Virens Scanner auslöste, obwohl keinerlei Schädling enthalten war. Sie können diese Version unverändert weiterverwenden.

Wir stellen unter ct.de/keyfinder eine aktualisierte Version zur Verfügung, bei der nach unserem Kenntnisstand kein Virens Scanner anschlägt. Dort haben wir außerdem Prüfsummen veröffentlicht, mit denen Sie überprüfen können, ob Ihr Download identisch mit unserer Datei ist.

Drei Buchsen und 256 GByte

MacBook Pro 14", MacBook Pro 16" und Mac Mini mit M2 Pro und M2 Max, c't 5/2023, S. 102

Die MacBooks haben nur drei Thunderbolt-4-Buchsen, nicht vier. Außerdem hat der Mac Mini nicht 265 GByte SSD-Speicherplatz, sondern 256.

Junction auch zu anderen Laufwerken

Warum der Windows-Explorer bei manchen Ordnern selbst Administratoren den Zugriff verweigert, c't 5/2023, S. 164

Im Artikel steht, dass eine Junction weder auf Dateien noch auf Ordner auf anderen Laufwerken zeigen können. Das ist nicht korrekt. Es gelingt beispielsweise mit dem Windows-eigenen Befehl `mklink /j <Verknüpfung> <Ziel>`.



Zero Trust

Integrieren Sie die Technologie einer hochsicheren IPsec VPN-Verbindung in Ihre ZERO-TRUST-STRATEGIE.

Schützen Sie Ihr Unternehmen mit der zukunftssicheren NCP Secure Enterprise Lösung und nutzen Sie die Vorteile von VPN, Cloud und High Security:

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> SSO / SAML integriert | <input checked="" type="checkbox"/> Multifaktor-Authentifizierung |
| <input checked="" type="checkbox"/> ZTNA | <input checked="" type="checkbox"/> SASE & SD-WAN-kompatibel |
| <input checked="" type="checkbox"/> Endpoint Security | <input checked="" type="checkbox"/> skalierbar & mandantenfähig |

Vertrauen Sie der richtigen Lösung?



www.ncp-e.com



**Jetzt
Partner
werden!**

**Sonderaktion
bis 31.03.2023**

MiTEXX

powered by  DILK

Deutschlands neue IT-Konferenz für den Mittelstand



Vorträge



Networking



Master Classes



Table Talks



Case Studies

SAVE THE DATE 09.-10. November 2023 HALLE 45, Mainz

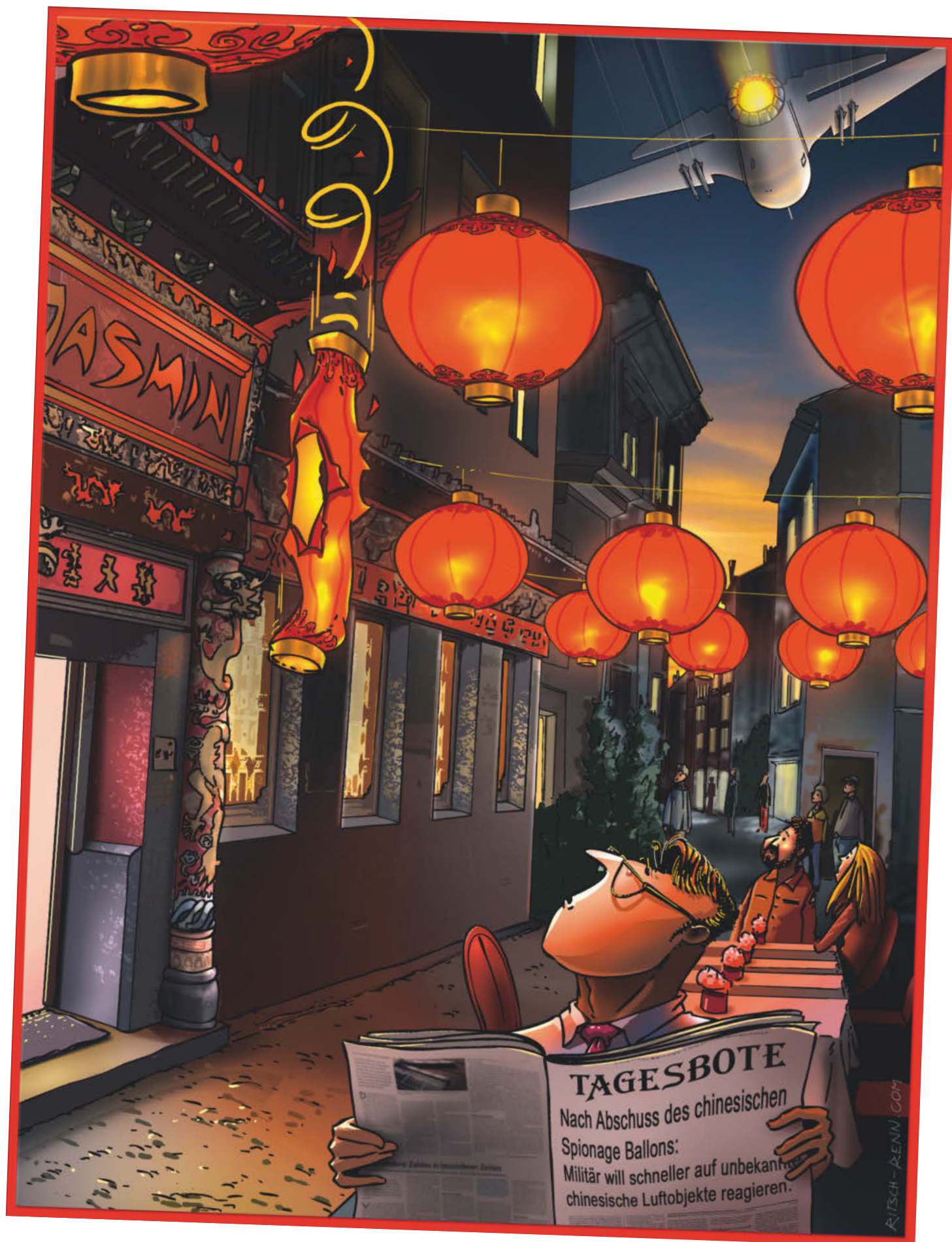
Ein Angebot von

FLEETEvents
CONSUMER+BUSINESS

ct magazin für
computer
technik

MBmedien
Group GmbH

www.mitexx.de



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite

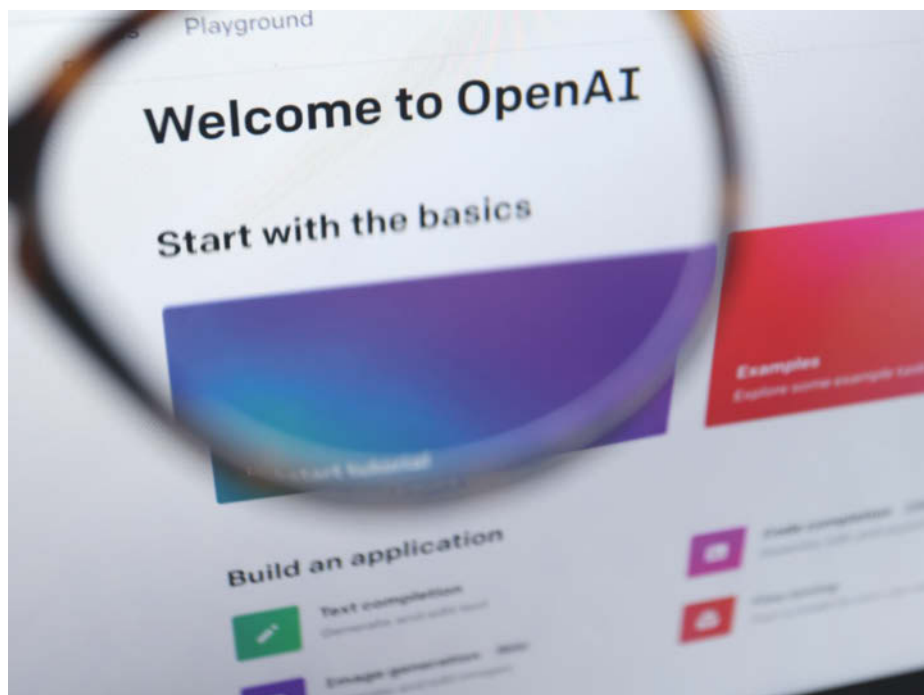


Bild: Karl-Josef Hildenbrand / dpa

Füttern verboten?

Wie sich Verlage und Autoren gegen KI-Bots wehren

Sprachmodelle wie ChatGPT grasen ungefragt Texte im Web ab. Sie trainieren damit für ihre Antworten, nehmen so aber Urhebern und Verwertern Geld für Klicks und Werbung weg, werfen diese ihnen vor. Die Verlagsbranche will sich wehren, das ist bei der aktuellen Rechtslage gar nicht so einfach.

Von Falk Steiner

Selbstlernende Systeme mit sogenannten „künstlicher Intelligenz“ benötigen authentische Trainingsdaten in rauen Mengen. Das betrifft neben den KI-Bildgeneratoren ganz besonders generative Text-KIs wie ChatGPT von OpenAI.

Deshalb grasen die Systeme Websites ab, verleihen sich beispielsweise journalistische Texte hochwertiger Medien ein, lernen daraus und spucken die umformulierten Inhalte innerhalb weniger Sekunden in Antworten wieder aus. KI-Suchmaschinen wie Bing, Neeva und You.com geben wenigstens noch die Quellen ihres Lernmaterials an; bei ChatGPT kann man nur spekulieren, mit welchen Wagenladungen an Texten und Büchern es trainiert wurde.

Bei Verlegern und Autoren schrillen deshalb die Alarmglocken. Sie sehen ihre Urheber- und Verwertungsrechte verletzt. In Deutschland erklärten etwa der Bundesverband der Digitalpublisher und Zeitungsverleger (BDZV) und der Medienverband der freien Presse (MVFP) gemeinsam: „Eine Verwertung von Verlagsangeboten durch KI-Sprachmodule für die Veröffentlichung konkurrierender Inhalte ist unseres Erachtens nur mit einer Lizenz

des Verlages zulässig“. Kurz: Die Branche will das Leistungsschutzrecht auch aufs sogenannte Textmining von KIs ausgedehnt wissen.

Diese Forderung widerspricht jedoch dem politischen Trend auf europäischer Ebene: Die EU will ihre Mitgliedsstaaten bei der KI-Entwicklung nicht ausbremsen. Deshalb passt sie seit einigen Jahren die rechtlichen Rahmenbedingungen Stück für Stück an, so auch 2019 mit der Reform der Urheberrechtsrichtlinie. Darin schränkt sie die Rechte von Urhebern gezielt zur Förderung von KI „made in Europe“ ein.

Nach Artikel 3 der Richtlinie ist Textmining zu Forschungszwecken grundsätzlich zulässig. Dies gilt beispielsweise, wenn Universitäten neu entwickelte KI-Modelle trainieren wollen. Artikel 4 definiert eine Art „Opt-out“ für kommerzielle Zwecke: „Textentnahmen“ von Websites sind so lange möglich, bis der Rechteinhaber „in angemessener Weise“ und „mit maschinenlesbaren Mitteln“ einen Vorbehalt einlegt. Dieser könne in den Metadaten, aber auch in den Geschäftsbedingungen vermerkt werden, erfährt man recht beiläufig in Erwägungsgrund 18 zum Gesetz.

Rechtssicherheit vorhanden?

Die deutsche Umsetzung dieser europäischen Richtlinienvorgabe erfolgte Mitte 2021 in § 44b des Gesetzes zur Anpassung des Urheberrechts an die Erfordernisse des digitalen Binnenmarkts: Wer die Rechte an seinen Inhalten nicht ausdrücklich und maschinenlesbar vorbehält, dessen Daten und Texte dürfen fürs KI-Training demnach ohne Nachfrage verwendet werden – eine sogenannte Schranke für das Urheberrecht. „Sie schafft Rechtssicherheit für kommerzielle Datenanalysen“, erläutert Prof. Benjamin Raue, Direktor des Instituts für Recht und Digitalisierung Trier.

Folgt man der Rechtsauffassung von Raue, so könnten KI-Anbieter nahezu beliebig Texte, Bilder und Metadaten von Websites abgreifen. Die Inhalte dürfen allerdings nicht dauerhaft gespeichert werden, sondern nur so lange, wie es für das Anlernen der Modelle zwingend notwendig ist. „Gelöscht werden müssen nur die urheberrechtlich geschützten Ausgangsmaterialien, nicht aber die gewonnenen Erkenntnisse“, betont Rechtsprofessor Raue.

Nach Ansicht der Verlegerverbände sind solche Nutzungen jedoch nicht durch den Wortlaut des Gesetzes gedeckt. „Ins-

besondere die gesetzliche Schranke für sogenanntes Text- und Datamining ändert daran nichts“, erklärten sie. Die größte Angst der Anbieter: Google, Meta & Co. könnten die Neugier und das Interesse an den Inhalten noch vor dem Besuch der Medien-Websites befriedigen, indem sie mithilfe von KI-Bots Zusammenfassungen von Artikeln erstellen, und sich so einen unfairen Vorteil verschaffen, ohne dafür auch nur einen einzigen Journalisten beschäftigen zu müssen.

Maschinenlesbarer Vorbehalt

Aber müsste darüber überhaupt gestritten werden? Immerhin könnten doch alle, die dies nicht wollen, einen maschinenlesbaren Ausschluss formulieren. Doch hier stellt sich die Frage nach dem Wie und Wo. Für Webseiten scheint die Datei robots.txt der naheliegendste zu sein. Sie ist die Datei, mit der Anbieter den Crawlern von Suchmaschinen aller Art mitteilen, welche Seiten sie indexieren dürfen und welche nicht. Fast jede größere deutsche Publikation nutzt diese Methode. Doch der zugrunde liegende, fast 30 Jahre alte Robots Exclusion Standard sieht bislang keine spezifischen Anweisungen gegen KI-Crawler vor.

Weil der besagte § 44b des neuen Urheberrechts in seinem Absatz 3 nur allgemein die „maschinenlesbare Form“ eines Nutzungsvorbehalts vorsieht, hilft auch hier ein Blick in die Begründung des Gesetzgebers, also der damaligen schwarz-roten Bundesregierung. Derzufolge kann der Vorbehalt „auch im Impressum oder in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) enthalten sein, sofern er auch dort maschinenlesbar ist“. Zwar ist dieses Gebot nicht unmittelbar Gesetz, dürfte aber in Zweifelsfällen von Gerichten herangezogen werden. Der Vorbehalt gilt übrigens laut Begründung nicht rückwirkend, sondern „ex nunc“, also erst, wenn er sich auf der Website befindet.

Die Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) gilt als Qualitätsmedium. Einen Eintrag etwa in der robots.txt hält man dort nicht für notwendig: „Der Vorbehalt muss lediglich maschinenlesbar sein“, erklärt eine Verlagssprecherin. „Diese Voraussetzung erfüllt stets ein elektronischer Text, eingebunden an zentralen Stellen der Publikation.“ Deshalb finden Nutzer und KI-Crawler seit einigen Wochen im Impressum von faz.net folgenden Zusatz: „Die Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH behält sich eine Nutzung ihrer Inhalte für kommerzielles Text- und Datamining im

Sinne von § 44b UrhG ausdrücklich vor. Für den Erwerb einer entsprechenden Nutzungslizenz wenden Sie sich bitte an nutzungsrechte@faz.de.“

Ähnliche Passagen fügen immer mehr Verlage ein, jüngst beispielsweise auch die Münchener Süddeutsche Zeitung GmbH im Impressum ihres Webauftritts sueddeutsche.de. Unter Urheberrechtlern herrscht die Meinung vor, dass jede Texterklärung auf einer Webseite als „maschinenlesbar“ anzusehen ist. Wie intelligent wäre eine KI, die nicht einmal einen Rechtevorbehalt in Textform interpretieren könnte?

Wer crawlt hier wie?


Allerdings können die Anbieter kaum feststellen, inwieweit KI-Betreiber die Regeln einhalten. Denn bislang ist es technisch nicht möglich, die Crawler der Künstlichen Intelligenz zu identifizieren. Und wenn sie als Suchmaschinen-Crawler herumstreifen, müssten Seitenbetreiber fürchten, mit ihrem Stoppschild Reichweite zu verlieren.

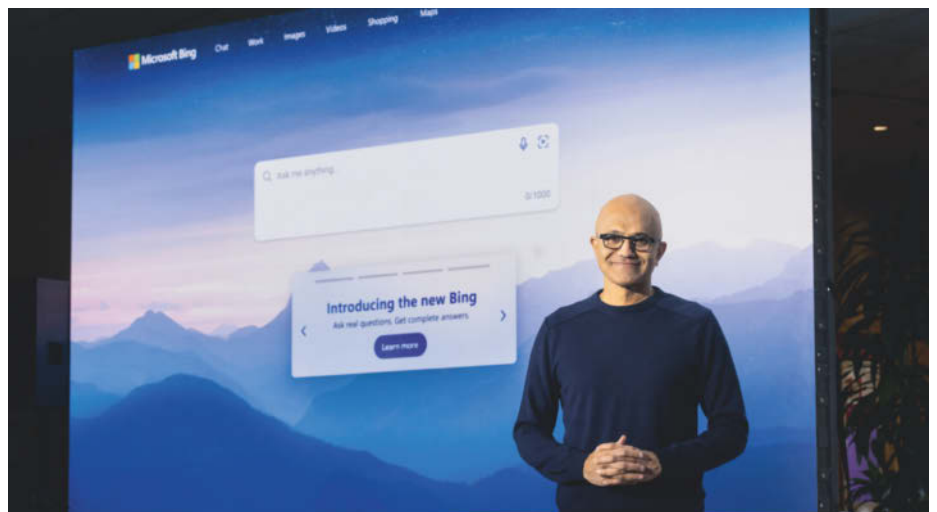
Sollte etwa das bei der Microsoft-Suchmaschine Bing seit einigen Wochen testweise integrierte OpenAI-System auf der Arbeit von Microsofts Crawler Bingbot aufsetzen, stünden Anbieter vor einem kaum lösbaren Problem. Würde man beispielsweise den Bingbot kategorisch durch einen Vorbehalt von Webseiten ausschließen, wäre die Konsequenz klar: Die Seiten würden auch in der Suche nicht mehr als Ergebnis angezeigt.

Die Verlegerverbände hoffen auf ein hartes Durchgreifen der EU-Kommis-

sion, die solche Bündelungen per Wettbewerbsrecht und dem Digital Markets Act (DMA) untersagen könnte. Microsoft hat auf mehrere Anfragen zu diesem Thema bis Redaktionsschluss nicht geantwortet.

Dass die KI-Modelle auf vorhandenem, erreichbarbarem Wissen aufbauen und dies kostenlos schürfen dürfen, stört auch die Verwertungsgesellschaften, die stellvertretend Tantiemen einsammeln und an die Rechteinhaber ausschütten. Denn als der Gesetzgeber die Text- und Datamining-Schranke einführt, hat er eines ausgeschlossen: Eine Pauschalvergütung für Rechteinhaber durch KI-Nutzung, die nicht genau zu ermitteln ist und deshalb im Ungefähren bleibt. Es sei „problematisch, dass sowohl bei der gesetzlichen Erlaubnis für kommerzielles Text- und Datamining als auch bei der Regelung für wissenschaftliches Text- und Datamining“ kein Vergütungsanspruch vorgesehen sei, erklärte Anette Frankenberger, Sprecherin der VG Wort.

Dieser Ansicht dürften sich weitere Akteure anschließen, falls das Thema weiter in den öffentlichen Fokus rückt. Viele Autoren und Verleger haben bislang keinen Schimmer davon, dass ihre Angebote ausgelesen und zum KI-Training genutzt werden dürfen. Mehrere unserer Anfragen endeten mit überraschten Rückrufen – davon habe man nichts gewusst und sich deshalb noch nicht damit beschäftigt. Europas Drang, endlich einmal regulatorisch an der Spitze zu stehen, scheint einige der Betroffenen abgehängt zu haben. (hob@ct.de) 

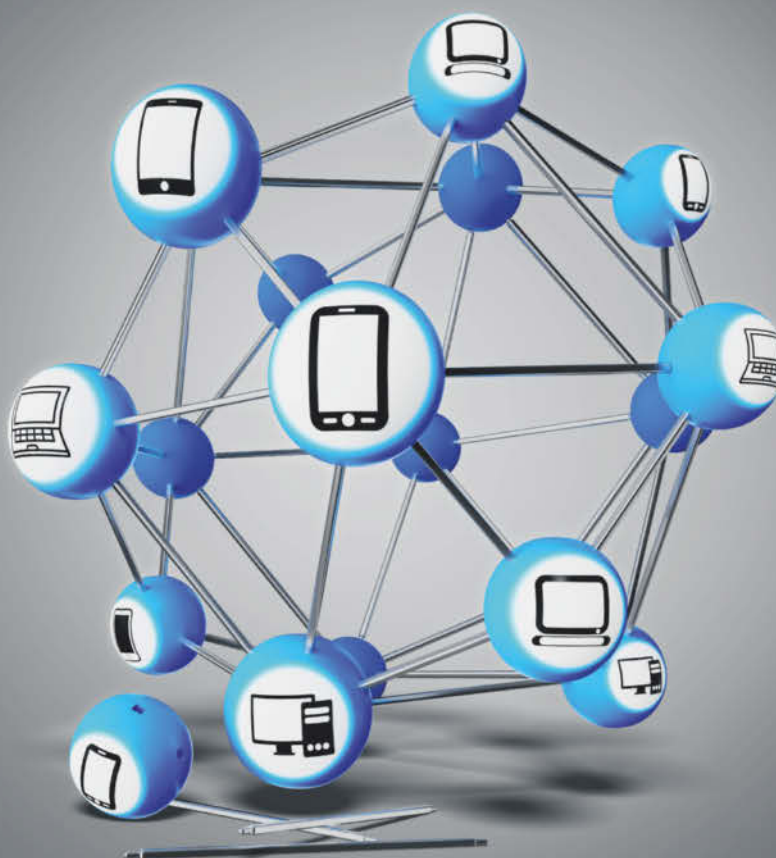


CEO Satya Nadella zeigt, wie Microsoft die Suchmaschine Bing mit einem KI-Bot koppelt. Autoren und Verlage befürchten eine unfaire Konkurrenz, die ihre Einnahmen schmälert.

Bild: Dan DeLong / Microsoft

Blitz-VPNs: Einfach, schnell & sicher

Was Peer-to-Peer-VPNs leisten, wie Pretty Good Phone Privacy Smartphones schützt



Was moderne VPNs leisten	Seite 18
Vier VPNs für Fernwartung und Freigaben	Seite 20
Smartphone-Schutz	Seite 26
Geräte und Heimnetze mit ZeroTier vernetzen	Seite 28

Die VPN-Technik zur Gerätevernetzung hat viele Gesichter. Wir stellen VPN-Anwendungen vor, die mit eleganten Client-Direktverbindungen kleine Arbeitsgruppen ansprechen. Zusätzlich werfen wir ein Schlaglicht auf ein erstaunliches Werkzeug zur digitalen Selbstverteidigung auf Smartphones.

Von Dušan Živadinović

Das Kürzel „VPN“ steht auf vielen Dingen, doch was genau drin ist, muss man erst herausfinden. In diesem Schwerpunkt geht es um den Smartphone-Schutz Pretty Good Phone Privacy sowie um die vier VPN-Anwendungen Nebula, Twingate, Tailscale und ZeroTier. Damit binden Admins von Heimnetzen und kleinen bis mittleren Arbeitsgruppen ferne Standorte und Geräte zum Beispiel für Freigaben und für die Fernwartung an. Anders als bei konventionellen VPNs wie IPsec oder WireGuard steht dabei kein zentraler VPN-Server als Drehscheibe im Mittelpunkt. Stattdessen kommunizieren die Clients direkt miteinander, Peer-to-Peer.

Mit Pretty Good Phone Privacy, das augenzwinkernd an die PGP-Verschlüsselung für E-Mails erinnert, zieht das US-Start-up Invisiv viel Aufmerksamkeit auf sich. Die Firma wirbt mit den Namen der Sicherheits- und Datenschutzexperten Bruce Schneier und Jon Callas als Berater und verspricht eine Tarnkappe für Smartphones, die sogar vor den Augen von Mobilfunknetzbetreibern schützt. Mehr dazu ab dem Abschnitt „Spurlos funken“.

Die Peer-to-Peer-VPNs gehen auf gestiegene Schutzanforderungen und auf eine Modernisierung der Architektur zurück. In herkömmlichen VPNs bildet der Server den zentralen Umschlagpunkt und somit einen Engpass: Ein langsamer Internetanschluss des Servers bremst die Clients ebenso aus wie eine Serverüberlastung. Der Peer-to-Peer-Ansatz löst den Umschlagpunkt auf, Clients kommunizieren direkt miteinander. Zu dieser VPN-Klasse gehören etwa Tinc, yggdrasil und

auch manche Selbstbauanleitung (siehe ct.de/yvtt).

Zugleich haben einige Hersteller die zentrale Verwaltung in ein Webinterface verpflanzt (Dashboard) und mit Konzepten von Software-defined Networks erweitert. Damit gelingt die Verteilung von kryptografischen Schlüsseln und Konfigurationen nebenbei ganz einfach per Mausklick. Manchen gelten sie daher als kleines Admin-Glück.

Ein Beispiel ist ZeroTier, mit dem man Server, PCs, NAS-Geräte und Smartphones vernetzt. Das geht so schnell, dass man von Blitz-VPNs sprechen kann. Mehr dazu lesen Sie ab den Seiten 20 und 28.

Burgverbesserung

Andere Hersteller haben das Peer-to-Peer-Konzept mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Unternehmen aufgebohrt. Manche sprechen mit kostenlosen Einstiegsangeboten und durchdachten Bedienoberflächen inzwischen auch kleine Arbeitsgruppen und Privatanutzer an, zum Beispiel um Familienmitglieder zu vernetzen.

Viele Sicherheitskonzepte gehen davon aus, dass es genügt, interne Infrastrukturen ähnlich einer Burg mit Firewalls abzuschotten. Und da Mitarbeiter auch mal von draußen ins Firmennetz müssen, richtet man hinter der Firewall VPN-Server ein, zu denen ähnlich einer Zugbrücke ein einziger, gut geschützter Zugang führt. Das interne Netz gilt als sichere Umgebung für Unternehmensanwendungen.

Doch längst halten manche Fachleute den Ansatz für überholt. Google ist überzeugt, dass auch das interne Netzwerk voller Gefahren steckt. Beispielsweise können Phishing-Mails zum Herunterladen von Schadsoftware verleiten, was selbst Firewalls mit Deep Packet Inspection nicht verhindern können.

Zwei Fluchtbewegungen

Hinzu kommt, dass Admins von konventionellen VPNs zwei Fluchtbewegungen absichern müssen: Viele Mitarbeiter bleiben im Homeoffice und viele Applikationen wandern vom abgeschotteten Firmenserver in die Cloud. So sind immer mehr Mitarbeiter und Betriebsmittel übers Internet verstreut. Ein traditionelles VPN ist daher schwer zu verwalten und wenn Angreifer ein Einbruch gelingt, ist oft das ganze Netz gefährdet.

Nach neueren Konzepten ist keinem Netzwerkgerät und keinem Nutzer zu trauen, jeglicher Zugriff auf Firmenressourcen muss authentifiziert, autorisiert und verschlüsselt werden (Zero Trust). Zusätzlich schränkt man den Zugriff auf die für die Arbeit erforderlichen Ressourcen und Applikationen ein (Least Privilege). So schrumpft die Angriffsfläche und es spielt keine Rolle, wo sich Mitarbeiter physisch aufhalten.

Zu dieser VPN-Klasse gehören Tailscale, Twingate und Nebula, die wir ab Seite 20 vorstellen. Tailscale entwickelt keine eigene Verschlüsselung, sondern greift auf das moderne WireGuard zurück. Das gilt auch für das taufrische NetBird, an dem das Saarbrücker CISPA Helmholtz Center für Informationssicherheit mitwirkt. Wir widmen NetBird einen genaueren Blick, sobald die Entwickler mobile Clients freigeben.

Spurlos funken

VPNs können andererseits auch im Mobilfunk die Privatsphäre schützen. Kritiker sehen diese Privatsphäre längst ausgehöhlt und halten Smartphones mit GPS für digitale Plaudertaschen.

Eine durchgehende digitale Selbstverteidigung fällt da schwer. Selbst Apples Private Relay und Google One VPN schützen nur die Kommunikation vor Mitlesern und verbergen die IP-Adresse der Nutzer. Dafür setzen beide zusätzlich zum Tunnel die Kryptografiertechnik RSA Blind Signatures ein und entkoppeln so die Nutzdaten von der Kundenauthentifizierung, sodass sich keine Benutzerprofile erstellen lassen. Der Verschleiерer Invisiv setzt dem ganzen noch eins drauf und entkoppelt mit eigenen eSIMs die Identität des Mobilfunknutzers von der SIM-Karte (genauer: IMSI). Leider ist PGPP in Deutschland nicht zu bekommen. Warum, und wie die Technik funktioniert, lesen Sie ab Seite 26. (dz@ct.de) **ct**

Peer-to-Peer-VPNs: ct.de/yvtt



Bild: Andreas Martini

Klickvernetzung

Für Fernwartung und Freigaben: Vier VPN-Anwendungen mit Peer-to-Peer-Technik

Egal, ob Sie in der Welt verteilte Arbeitskräfte zusammenbringen oder nur die PCs der Verwandtschaft warten müssen: Mit einem Peer-to-Peer-VPN fangen Sie beide ein, ohne dafür Krypto-Zaubersprüche aufsagen zu müssen. Wir stellen vier Kandidaten vor.

Von Benjamin Pfister

Peer-to-Peer-VPNs wurden als Infrastruktur von Tauschbörsen bekannt. Die Technik steckt aber längst auch in Anwendungen zum Vernetzen ferner Geräte und Server über zentrale Dashboards. Das unterscheidet sie erheblich von den gängigen VPNs. Wir stellen Nebula, Twingate, Tailscale und ZeroTier vor. Nebula darf man gratis nutzen, die übrigen drei bieten kostenlose Einstiege für kleine Arbeitsgruppen oder wenige Geräte. Die Preise für mehr Geräte oder Netze starten bei moderaten 5 US-Dollar (siehe Tabelle).

Ein klassisches VPN erlaubt es entfernten Rechnern, über verschlüsselte

Tunnel auf ein lokales Netzwerk zuzugreifen. Die so vernetzten Systeme können miteinander kommunizieren, aber das immer über den VPN-Server. Den Tunnelaufbau stoßen VPN-Clients selbst an, von der Seite des VPN-Servers geht das nicht; allein schon, weil die meisten Clients hinter einem Router stehen, der ohne Weiteres keine Verbindung von außen zulässt.

Peer-to-Peer-VPNs lösen das anders: Eine Zentrale verwebt alle angemeldeten Systeme zu einem virtuellen gemeinsamen Netz, in dem die Daten direkt von Client zu Client fließen. Dazu müssen alle

ct kompakt

- In Peer-to-Peer-VPNs kommunizieren die Clients ohne Umweg über zentrale Server, was die Signallaufzeit verbessert.
- Administratoren senden über Dashboards Konfigurationen wie neue Routen oder DNS-Einstellungen direkt an die Clients.
- Mit manchen Peer-to-Peer-VPNs lassen sich die zulässigen Verkehrsarten und -ziele detailliert für jeden Anwender einstellen.

Clients die Zentrale kontaktieren. In Peer-to-Peer-VPNs sind Clients und Server gleichermaßen erreichbar, stehen quasi nebeneinander. Die Software entscheidet, welchen Weg die Pakete nehmen, ob direkt von einem Teilnehmer zum anderen oder über Dritte.

Ein klassischer Tunnel vermittelt Clients erstmal nur den Zugang zu einem entfernten Netz. In Firmen ist das oft nur eines von mehreren Segmenten. Dort stecken aber nicht unbedingt alle Server, die ferne Anwender für ihre Arbeit brauchen – zu manchen müssen Firmen-Admins zusätzliche Routen zu anderen Segmenten setzen, etwa zum abgeschotteten Dateiserver.

Bei Peer-to-Peer-VPNs wird der Server ebenfalls zum Peer, ist also ohne manuell gesetzte Routen erreichbar. Manche Peer-to-Peer-VPNs führen das Konzept noch weiter und verhalten sich wie ein lokales Netz: Sie können wie ein Switch auch Pakete an mehrere oder alle Teilnehmer weiterleiten, also auch Broadcast- und Multicast-Pakete, die für Namensdienste wie mDNS unerlässlich sind.

Helfende Zentrale

Die Zentrale der Peer-to-Peer-VPNs hilft dem Admin dabei, die Peer-to-Peer-Kommunikation aufzusetzen und Systeme, Nutzer, Zugänge und Netzwerke zu verwalten. Eine Weboberfläche dafür ist Standard, meist als Dashboard ausgeführt.

Zunächst bauen Clients selbstständig IP-Sitzungen zur Zentrale auf, authentifizieren sich und laden die Koordinaten (IP-Adressen, Namen, etc.) der übrigen Clients herunter. Die Zentrale leitet dann

einige UDP-Pakete von Client zu Client, bis beide Router auf den Clientseiten diesen Verkehr als legitim einstufen (UDP-Hole-Punching). Fortan kommunizieren sie trotz IPv4-NAT und IPv6-Firewall von Peer zu Peer.

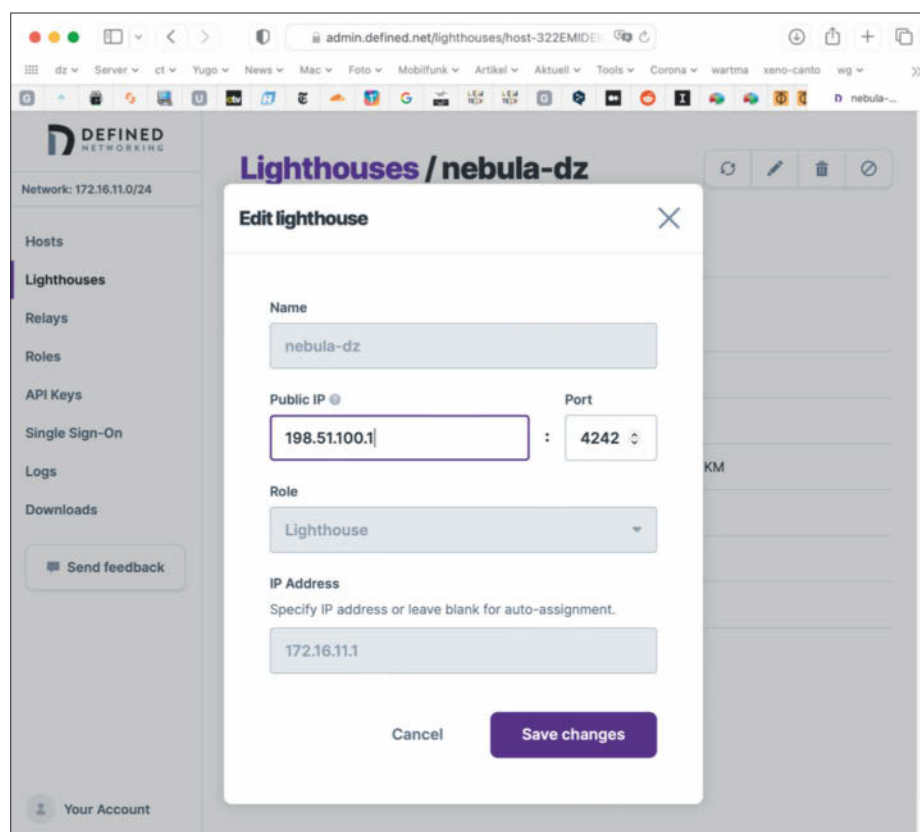
Es gibt freilich Unterschiede. Die besseren Zentralen verteilen Schlüssel, Zertifikate, Clientkonfigurationen, DNS-Einstellungen und Sicherheitsregeln per Mausclick. Das ist bei Tailscale, Twingate und ZeroTier der Fall.

Einige der Peer-to-Peer-VPNs enthalten Funktionen von Software-defined Networks (SDN): Der Administrator kann das virtuelle Netz beliebig aufteilen und bestimmen, wer überhaupt in welches Subnetz kann, wer mit wem mithilfe welcher Protokolle sprechen darf und über welchen Weg bestimmte Protokolle laufen. Benutzer und Zugangsschutz sind voneinander getrennte Rollen. Manche der VPNs fordern von jedem Client vor dem Zutritt und jedem Applikationszugriff eine Sicherheitsprüfung, auch dann, wenn er in einem vertrauenswürdigen Netz wie einem Firmen-LAN steckt (Sicherheitsmodell Zero-Trust).

Das wichtigste Auswahlkriterium ist die Sicherheit einer Implementierung. Peer-to-Peer-VPNs sollten genauso wie IPsec- oder Wireguard-VPNs möglichst quelloffen und alle paar Jahre Prüfungen unabhängiger Fachleute bestanden haben (Security Audit).

Hinter der oft einfachen Bedienung über ein Dashboard steckt eine meist komplexe Infrastruktur aus Peer-to-Peer-Vermittlern, Relays, Datenbanken und Diensten. Das Einrichten und Verwalten kann viele Admin-Stunden kosten. Deshalb bieten manche Hersteller betriebsfertige Pakete an (Software as a Service, SaaS), die oft auf Servern in den USA laufen. Zum Experimentieren und für Anwendungen ohne besondere Sicherheitsanforderungen eignen sich solche Angebote gut.

Es liegt aber auf der Hand, dass die löffelfertigen Pakete im Fokus von Angreifern stehen, denn bei gelungenem Einbruch kapern Angreifer sehr viele PCs auf einmal. Bislang wurde uns solch ein Coup nicht bekannt, aber wer die Sicherheit nicht anderen überlassen will, betreibt die Infrastruktur lieber selbst in einem eigenen IP-Adressbereich (Self-Hosting).



Das Peer-to-Peer-VPN Nebula benötigt für die Kommunikation der Clients einen zentralen Server mit statischer öffentlicher IPv4-Adresse, das Lighthouse. Das Lighthouse teilt unter anderem mit, unter welcher IP-Adresse welcher Client erreichbar ist und ermöglicht so die Peer-to-Peer-Kommunikation.

Diese Option bieten Nebula, Tailscale und ZeroTier. Self-Hosting bietet sich auch an, um die DSGVO-Richtlinien einzuhalten, wenn man etwa einen Heimbereich an die Firma koppelt.

Die Clients sollen für möglichst alle gängigen Betriebssysteme erhältlich sein, also für PCs mit Windows, Linux, macOS und FreeBSD sowie für Smartphones und Tablets mit Android und iOS. Für IoT- und Smart-Home-Geräte, die sich nicht aufrüsten lassen, braucht man Clients als Vermittler in Routern und Firewalls.

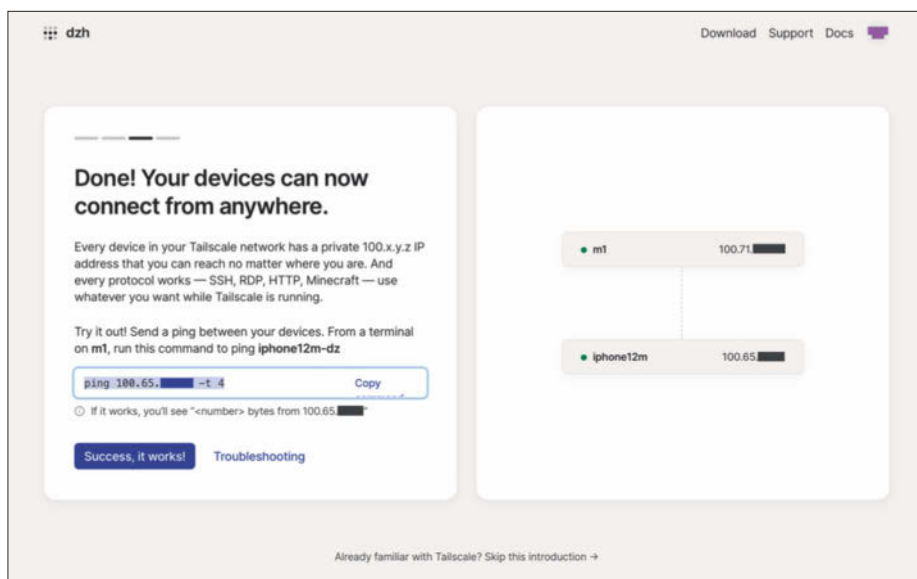
Clients können in gleichen und auch in völlig unterschiedlichen Subnetzen stehen, sehen aber erstmal nur einander. Zum Beispiel können Clients physisch in Güstrow und Gelsenkirchen in Heimnetzen mit den Adressbereichen 192.168.178.x und 192.168.1.x sitzen, aber zum selben virtuellen Netz 172.22.2.x gehören. Dabei bildet 172.22.2.x ein von den physischen Netzen unabhängiges Overlay-Netz.

IP-Pakete, die nicht für das lokale Subnetz gedacht sind, gehen entweder über den physischen Anschluss direkt ins Internet oder über den VPN-Tunnel in das Overlay-Netz (Split Tunnel). Full-Tunnel-VPNs, bei denen alle Pakete durch den Tunnel reisen, bieten Tailscale und ZeroTier als Optionen an. Diese und andere wichtige Merkmale haben wir in der Tabelle aufgeführt.

Nebula

Nebula bildet Layer-3-Netzwerke, sie übertragen also weder Broadcasts noch Multicasts. Nebula-Clients kommunizieren im Overlay-Netz nur per IPv4, IPv6 fehlt. Charmanterweise besteht die Clientanwendung aus einem einzigen Binary, das man über Yaml-Dateien konfiguriert, also etwa Adressen von DNS-Resolvoren oder Zugriffsregeln einträgt. Ein Knoten kann als Relay einspringen, um anderen aus der Klemme zu helfen, falls deren UDP-Hole-Punching scheitert. Nebula ist auch die Technik hinter dem Instant-Messaging-Dienst Slack.

Admins gewähren Clients den Zugang mit Zertifikaten einer eigenen Zertifizierungsstelle und filtern Verkehre beispielsweise anhand von IP-Adressen oder Namen und sie fassen Clients zu Gruppen zusammen. Das zentrale Management erscheint uns noch ausbaufähig. Es gibt lediglich einen zentralen Server, das Lighthouse, der den Clients vermittelt, auf welchen Wegen sie einander erreichen. Ist der nicht erreichbar, steht der Rest im Dunkeln.



Tailscale gründet auf dem modernen WireGuard. Die ersten Schritte fallen unerwartet leicht. Zudem begleitet das Dashboard den Admin dabei, erste Clients einzubinden und die Verbindung zu testen.

Für den Schlüsselaustausch setzt Nebula auf die Methode Elliptic Curve Diffie-Hellman (ECDH), der Verkehr wird wahlweise per AES-GCM 256 oder ChaCha20-Poly1305 verschlüsselt. Alle drei Verfahren gelten als sicher.

An Nebula gefällt, dass man IP-Verkehr anhand von Gruppen filtern kann, die im Zertifikat abgelegt sind, nicht bloß anhand von IP-Adressen. Einige Firmen bieten Nebula-Infrastrukturen als Dienstleistung mitsamt Webinterface an, darunter Defined Networking von den Nebula-Gründern (kostenloser Betrieb mit bis zu 100 Hosts). Falls man das Lighthouse selbst hostet, muss man auch Zertifikate und Konfigurationen selbst erzeugen und verteilen.

Tailscale

Tailscale ist ein Peer-to-Peer-VPN, das auf Wireguard gründet. Tailscale-Peers können aber nicht mit WireGuard-Peers sprechen. Der Hersteller nennt als Beispielanwendungen Zugriffe auf das Heimnetz, etwa als Plattform für verteilte selbstständige Entwickler. Dafür bietet Tailscale Let's-Encrypt-Zertifikate für interne Hosts und sogar für den Reverse-Proxy Traefik. Über das API von Tailscale kann man eigene Monitoring-Projekte für die Hausautomation „Home Assistant“ aufsetzen.

Das Login vermittelt ein Identity Provider (Microsoft, Google oder GitHub). Die Authentifizierung muss der Anwender nach einer konfigurierbaren Frist erneuern (Standard: 180 Tage). Für Geräte ohne interaktives Login generiert der Admin einen Schlüssel und zum Erhöhen der Sicherheit lassen sich Clients manuell im Webinterface autorisieren.

Die Clients bilden ein Overlay-Netz, das Tailnet. Die Architektur entspricht einem Layer-2-Netz ohne Broadcasts und Multicasts. Den Kontakt zu anderen Subnetzen vermitteln auf den Endpunkten installierte Subnet-Router. Optionale Exit-Nodes bringen den Clientverkehr aus dem Tailnet ins Internet.

So wie WireGuard, braucht auch Tailscale für die Tunnelverschlüsselung einen privaten und einen öffentlichen Schlüssel. Aber diese generiert jeder Tailscale-Knoten selbst. Anschließend verbindet er sich mit dem Koordinierungsserver (login.tailscale.com), verknüpft den öffentlichen Schlüssel mit der ID des gewählten Identity Providers (z. B. Google) und sendet den öffentlichen Schlüssel und den Tailscale-Domainnamen mitsamt seiner Koordinaten an den Server. Dann holt er die Koordinaten der anderen Netzteilnehmer und erreicht sie anschließend darüber direkt. Dabei nutzt der Client für IPv6 die Unique Local Addresses (fd00::/8) und für IPv4 das Subnetz 100.64.0.0/10.

Falls das UDP-Hole-Punching scheitert, etwa weil eine Firewall ausgehende UDP-Pakete blockiert, kommunizieren Clients über ein HTTPS-Relay miteinander (Designated Encrypted Relay for Packets, DERP). Dafür weisen sie sich mit



Homepage Yes

10 .de-Domains inklusive

- > Kostenlose SSL-Zertifikate für alle Domains
- > Viele 1-Klick-Apps inklusive
- > Webbaukasten
- > Webkonferenzlösung
- > 120 GB Webspace
- > 750 E-Mail-Adressen
- > 75 GB E-Mail-Speicher
- > 75 MySQL-Datenbanken

DAUERPREIS

2,49
€/Monat*



**Verlängert:
Angebot gilt noch
bis 31.03.2023!**

* Preis/Monat inkl. 19% MwSt. Es fällt keine Einrichtungsgebühr an. Vertragslaufzeit 6 Monate, jederzeit kündbar mit einem Monat Frist zum Vertragsende.

030 – 20 18 10 00 | nur unter **www.1blu.de/yes**

Mit Twingate definieren Admins im Dashboard, auf welche Ressourcen Anwender über ihren Twingate-Client zugreifen dürfen. Unter anderem kann man bestimmen, welche Protokolle und Ports dafür benutzt werden dürfen.

WireGuard-Schlüsseln aus (DERP nutzt die Keys als abstrahierte Adressen). Tailscale-Clients verschlüsseln ihren Verkehr per ChaCha20-Algorithmus und authentifizieren sich mittels ED25519-Signaturen – beide gelten als sicher.

Die öffentlichen Schlüssel und die Richtlinien lagern auf dem Coordination Server (Closed Source), der über login.tailscale.com angesprochen wird. Die Kommandozeilen-Clients und der DERP-Server sind quelloffen. Den Code der Client-GUI hat der Hersteller nur für quelloffene Betriebssysteme offengelegt.

Zugang zu einem Netzwerk erhalten nur Konten derselben Maildomain. Das erschwert die Nutzung mit Partnern. Zur Namensauflösungen kann man eigene Resolver verwenden oder das MagicDNS von Tailscale. Mit MagicDNS registrieren sich Clients selbstständig beim Tailnet-Resolver. Dazu nutzt MagicDNS den Maschinen- und Tailnet-Namen. So spricht man Tailnet-Clients anhand ihrer Hostnamen an. Auch lassen sich IP-Adressen von internen Hosts über private DNS-Resolver auflösen.

Noch im Entwicklungsstadium befindet sich die Funktion „Service Discovery“, die im Webinterface über verwendete Dienste im Tailscale-Netz informiert. Dafür senden Tailscale-Clients Protokollnamen und Portnummern wie TCP und

443 an den Webservice, der den übergeordneten Dienstnamen (z. B. HTTPS) ergänzt und einblendet.

Zu den Stärken von Tailscale gehören die übersichtliche Konfiguration und Verkehrssteuerung. Dafür trägt der Admin Attribute wie Usernamen, Gruppen, Tags und Hosts in der Zentrale ein und definiert so, wer mit wem und über welche Dienste kommunizieren darf.

Tailscale gibt es als SaaS-Anwendung, aber auch Self-Hosting ist möglich: Anstatt des Tailscale-eigenen zentralen Coordination Servers nimmt man den quelloffenen Headscale (ct.de/ymez).

Twingate

Twingate bildet Layer-3-Netze für den geregelten Zugriff auf interne Ressourcen und erscheint für Firmen und Anwender mit hohen Sicherheitsanforderungen interessant, denn jede Kommunikationsbeziehung muss explizit gestattet werden (Zero-Trust-Ansatz). Den Netzwerkbeitritt, die Anmeldung an die Adminoberfläche und den Zugriff auf Ressourcen sichert Twingate vorbildlich per Zwei-Faktor-Authentifizierung ab. Eine Möglichkeit zum Self-Hosting fehlt.

Das Webinterface läuft auf einem zentralen Controller. Admins melden sich daran über einen Identity Provider an

(Azure, Google, Okta, One Login oder Jump Cloud). Die gesamte Infrastruktur besteht aus Controllern, Clients und Relays – die können irgendwo im Internet stehen – sowie aus Konnektoren hinter der Firewall. IP-Verbindungen zu Ressourcen hinter der Firewall vermittelt immer ein Konnektor. Über den Controller bestimmt der Admin, welche Clients, Relays und Konnektoren zusammenspielen.

Praktisch daran ist, dass DNS-Anfragen von Clients für interne Dienste immer beim zuständigen Konnektor landen, der sie lokal auflöst. Andernfalls kann es passieren, dass Clients Dienste nicht finden, weil sie ihre DNS-Anfragen an einen externen DNS-Server schicken, der interne Server nicht kennt. Zusätzlich kann der Admin DNS-Anfragen der Clients per DNS-over-HTTPS schützen; das stellt man zentral und für alle Clients eines Twingate-Netzwerks ein. Dann verschlüsseln sie alle DNS-Anfragen sowohl für Twingate-Ressourcen als auch für Domains im Internet.

Zugriffe auf interne Ressourcen regelt der Admin mittels Access Control Lists (ACL), die er an Benutzer und Konnektoren verteilt. So kann er anhand von Domainnamen und Subnetzbereichen filtern und TCP-, UDP- und ICMP-Verkehr entweder global gestatten oder bei

IPv4 Auto-Assign			
Easy		Advanced	
10.147.17.*	10.147.18.*	10.147.19.*	10.147.20.*
10.144.**	10.241.**	10.242.**	10.243.**
10.244.**	172.22.**	172.23.**	172.24.**
172.25.**	172.26.**	172.27.**	172.28.**
172.29.**	172.30.**	192.168.191.*	192.168.192.*
192.168.193.*	192.168.194.*	192.168.195.*	192.168.196.*

IPv6 Auto-Assign	
<input checked="" type="checkbox"/> ZeroTier RFC4193 (/128 for each device)	fd52:b337:794f:210a:2f99:93::
<input type="checkbox"/> ZeroTier 6PLANE (/80 routable for each device)	
<input type="checkbox"/> Auto-Assign from Range	

Praktisch an Peer-to-Peer-VPNs ist, dass man über das zentrale Dashboard elementare Konfigurationen automatisiert an Clients verteilen kann. So kann man in ZeroTier beispielsweise den Adressbereich des gesamten ZeroTier-Netzwerks mit einem Mauskllick ändern – nützlich bei Adressraumkollisionen und überhaupt zum Ordnen eigener Subnetze.

UDP und TCP auf bestimmte Ports einschränken.

Twingate kann man kostenlos mit bis zu fünf Benutzern und bis zu zehn Netzwerken nutzen. Für größere Teams gibt es Abos ab 5 US-Dollar pro Monat mit zusätzlichen Funktionen wie Integration mit Google Workspace oder Mobile Device Management.

ZeroTier

ZeroTier knüpft virtuelle Layer-2-Netze und befördert auch Broadcast- und Multicast-Pakete. Der gleichnamige Hersteller bezeichnet sein Produkt zwar vollmundig als einen „Smart Ethernet Switch for Planet Earth“, doch andere Peer-to-Peer-VPNs sind in puncto Anwendungsfilterung weiter. Aber ZeroTier, kurz ZT, kommt einem Switch ziemlich nahe und erleichtert so besonders Nutzern ohne große Vorkenntnisse den Zugriff auf entfernte Freigaben und Dienste. Wie einfach das geht, lesen Sie ab Seite 28.

Der Hersteller bietet eine fertige Infrastruktur an, Self-Hosting geht aber auch. Nach dem Erstellen eines Kontos (authentifiziert über Mailadresse, Google, GitHub oder Microsoft), genügen zwei Klicks, um ein privates oder öffentlich zugängliches Netzwerk anzulegen. Um Clients in ein öffentliches ZT-Netz zu bringen, gibt man ihnen die 16-stellige Netz-ID. Den Beitritt zu einem privaten ZT-Netz nickt der Admin mit einem Klick im Webinterface ab.

Im Webinterface ist auch der IPv4-Adressbereich des ZT-Netzwerks aufgeführt; bei Bedarf kann man es leicht ändern, etwa bei Adresskollisionen und auch mehr als ein Subnetz zuweisen. Gleiches gilt für IPv6-Adressen, wobei man nicht nur lokale, sondern auch globale IPv6-Adressen konfigurieren kann; das Präfix muss freilich ein separat konfiguriertes Gateway wie ein vServer zuliefern. Ab Version 1.6 kann man Clients auch DNS-Resolver und Suchdomains zuweisen und Weiterleitungsregeln für den Datenverkehr einrichten.

Vollwertige Clients gibt es für macOS, Linux, Windows, FreeBSD und OpenBSD. Für einige Router, darunter Mikrotiks RouterOS und für OpenWRT gibt es ebenfalls ZT-Clients. Die iOS- und Android-Apps hängen im Entwicklungsstand zurück und können selbstgehosteten ZT-Infrastrukturen nicht beitreten. Der Android-Client eignet sich nicht für Full-Tunnel-VPNs.

Die Peers bringt ein Root Server (Moon oder Planet genannt) per UDP-Hole-Punching zusammen. Falls das

scheitert, vermittelt er zwischen den Clients. Ein Managementserver teilt den Clients Konfigurationen und Schlüssel zu. Weil sie vor und nach dem Wechsel auf Peer-to-Peer verschiedene Pfade nutzen, sind auch die Paketlaufzeiten und -schwankungen unterschiedlich (Jitter), was beispielsweise bei VoIP-Telefonaten und Videokonferenzen verzerrte Wiedergaben zur Folge haben kann.

ZeroTier ignoriert in TCP-Headern gesetzte Don't-Fragment-Bits. Das ermöglicht Fragmentierungsangriffe und erhöht die Latenz, weil Ziel-Hosts die Fragmente erst puffern und zusammensetzen müssen.

Das ZeroTier-Protokoll ist auf die Ebenen VL1 und VL2 aufgeteilt. Die Basis-kommunikation mit Schlüsselverteilung, Authentifizierung und Verschlüsselung läuft über VL1. Die VL1-Ebene wird mit 256 Bit langen Salsa-20-Schlüsseln chiffriert, was als zeitgemäß gilt.

Die VL2-Ebene verhält sich wie ein zentraler, verteilter und gemanagter Switch. Sie bringt ZT-Clients über Router-grenzen hinweg ins gemeinsame ZT-Netz. Hosts tauschen darüber wie in einem physischen Ethernet-Segment Broadcasts und Multicasts aus. Im zentralen Management erstellt man Regelwerke mit statuslosen Paketfiltern oder leitet den Verkehr wie bei einem echten Switch zur Fehlerana-

lyse an mitschreibende PCs aus. Für den Zugriff auf private Netze hinter ZT-Nodes konfiguriert man statische Routen, die die Zentrale an alle Hosts pusht. Das tatsächliche Routing richtet man dann etwa auf einem Raspi mittels Firewallregeln in iptables ein (siehe S. 28).

ZeroTier eignet sich für private Anwendungen mit üblichem Schutzbedarf, also etwa für Fernwartungen oder Zugriffe auf Netzwerkspeicher. Als Self-Hosting-Variante erscheint ZT auch für kleine Unternehmen interessant, um etwa mit Notebooks mobile Mitarbeiter anzubinden.

Fazit

Peer-to-Peer-Anwendungen sind vielseitig und das Ausloten macht Freude, selbst wenn man bereits ein zuverlässiges VPN betreibt. Wer detaillierte Kontrolle über Netzwerkgeräte, Anwender, Protokolle und Applikationen braucht, sollte Twingate und Tailscale in die engere Wahl ziehen, allerdings fehlt Twingate eine Self-Hosting-Option.

Wenn das eine Bedingung ist, gebührt neben Tailscale auch Nebula ein vertiefter Blick. Nutzer, die mehr Gewicht auf einfache Gerätevernetzung legen, haben mit ZeroTier einen starken Kandidaten, Self-Hosting-Option inklusive. (dz@ct.de) **ct**

Peer-to-Peer-VPN-Infos: ct.de/yxex

Peer-to-Peer-VPNs

Bezeichnung	Nebula	Tailscale	Twingate	ZeroTier
Architektur	Peer-to-Peer/ Peer-Relay	Peer-to-Peer/Fallback: Hub and Spoke	Peer-to-Peer/Fallback: Hub and Spoke	Peer-to-Peer/Fallback: Hub and Spoke
Basisprotokoll	Abgeleitet von TINC	WireGuard/Fallback: HTTPS	QUIC	ZeroTier UDP 9993
Verschlüsselungsverfahren	AES-256-GCM, ChaCha20-Poly1305	ChaCha20	TLS 1.3 (auf Basis von QUIC)	256 Bit Salsa20/Poly1305
Push-Konfig: Routing, DNS	✓, ✓ (experimentell)	✓, ✓ (MagicDNS, frei wählbare Resolver)	✓, ✓ (frei wählbare Resolver)	✓, ✓ (ZeroNSD, frei wählbare Resolver)
Broadcast, Multicast	– / –	– / –	– / –	✓ / ✓
2 FA/Filterregeln	– / ✓	✓ (abhängig vom Identity-Provider)/✓	✓ / ✓	✓ (abhängig vom Identity-Provider)/✓
eigene Schlüssel/autom. Schlüsselverwaltung	✓ / –	– / ✓	– / ✓	– / ✓
unterstützte Betriebssysteme	FreeBSD, Linux, macOS, Windows, Android, iOS	FreeBSD, Linux, macOS, OpenBSD, Windows, Android, iOS	ChromeOS, Linux, macOS, Windows, Android, iOS	FreeBSD, Linux, macOS, OpenBSD, Windows, Android, iOS, div. NAS-Geräte und Router
Security Audits	✓ (laut Angaben von Slack)	✓	✓	veraltet, weil ZeroTier auf Salsa20/Poly1305 umgestellt hat
Open Source/Self-Hosting	✓ / ✓	✓ (außer GUI Clients)/✓ (mit Headscale)	– / –	✓ / ✓
kostenloser Einstieg	✓ (Kosten für vServer ab 5 €/Monat)	max. 25 Benutzer, max. je 5 Geräte (GitHub Community-Tarif)	max. 5 Benutzer und 10 Netze (Personal-Free-Tarif)	max. 25 Geräte, beliebig viele Netze (Basic-Free-Tarif)
Preisstaffelung	– (Kosten für vServer ab 5 €/Monat)	ab 5 US-\$ pro Monat	ab 5 US-\$ pro Monat	ab 5 US-\$ pro Monat
✓ vorhanden – nicht vorhanden				

eSIMsalabim

Smartphoneschutz: Wie PGPP Ihre Identität verschleiert

Pretty Good Phone Privacy ist ein Dienst, der die Kommunikation von Smartphone-Nutzern ähnlich einem VPN schützt und das Tracking trotz GPS drastisch erschwert. Auch führt er IMSI-Catcher hinters Licht. Wir haben den Dienst ausprobiert.

Von Dušan Živadinović

Pretty Good Phone Privacy (PGPP) stammt vom US-Startup Invisv, das die Professoren Paul Schmitt und Barath Raghavan 2022 gegründet haben. Mit der augenzwinkernden Abkürzung PGPP stellen sie ihren Dienst namentlich neben die berühmt-berüchtigte E-Mail-Verschlüsselung PGP. Der Smartphone-Dienst PGPP bietet aber gleich vier Schutzfunktionen: Verschleierung der IP-Adresse, Schutz des Internetverkehrs vor Mitlesern, Mobilfunkzugang zum Internet und darauf fußend die Verschleierung der Identität gegenüber dem Mobilfunknetzwerk.

Bevor Sie es selbst ausprobieren: Die beiden letzten Funktionen bietet Invisv für Deutschland aus rechtlichen Gründen nicht an. Mobilfunkanbieter dürfen SIM-Karten nur unter Vorlage eines Ausweises aktivieren und müssen die Kundendaten mitsamt der zugeteilten SIM-Kennung für die Vertragsdauer aufbewahren, was bei PGPP schlicht nicht geht, weil es ja gerade die Identität verschleiert. Für Kunden aus Deutschland bleibt nur der Relay-Tarif übrig, der für fünf US-Dollar monatlich den Smartphoneverkehr verschlüsselt und die IP-Adresse verschleiert.

In diversen anderen Ländern kann man PGPP ohne Weiteres buchen, darunter Dänemark, Großbritannien, Niederlande, Portugal und USA. Und Invisv-Kunden mit ausländischen SIMs können PGPP

im Roaming-Modus auch in Deutschland nutzen. Damit dürfte die Technik mindestens hiesige Strafverfolger interessieren.

Alle Funktionen stecken in der gleichnamigen App, die derzeit nur für Android-Smartphones erhältlich ist, die iOS-Version ist in Arbeit. Heruntergeladen von der Webseite des Herstellers (siehe ct.de/yzkt), ist sie ruckzuck installiert. Um die Dienste zu nutzen, bucht man mittels einer Kreditkarte einen Tarif (40 oder 90 US-Dollar monatlich) und bekommt dann übers Internet eine eSIM, die ihresgleichen sucht: Über einen Button der App kann man nämlich die International Mobile Subscriber Identity ändern (IMSI) und damit viele Smartphonespuren verwischen.

Die IMSI ist eine Kennung der SIM und normalerweise mit einer Kundenidentität verknüpft, weshalb auf ihr die Mobilfunkabrechnung fußt. Darum senden Handys die IMSI an das Mobilfunknetz schon beim Einschalten. In der Mobilfunkspezifikation gilt sie als unveränderlich und weltweit eindeutig.

Zusammen mit der GPS-Funktion können Mobilfunknetzbetreiber detaillierte Standortverläufe anlegen und manche



Oben rechts befindet sich der Zauberknopf: Mit der App PGPP lässt sich die eigentlich unveränderliche mobile Kennung einer SIM-Karte (IMSI) per Fingertipp doch ändern. Das erschwert das Tracking erheblich.

schlachten diese mit anderen Metadaten des Kunden für Werbezwecke aus (siehe ct.de/yzkt). Gelegentlich ist die IMSI auch Ziel von Angreifern, die mit IMSI-Catchern Nutzer verfolgen und abhören.

PGPP unterbindet die Trackingvariante und den Lauschangriff, indem es die Identität des Nutzers von der IMSI entkoppelt. Dafür generiert man mittels der PGPP-App eine neue IMSI, zum Beispiel täglich. Da Invisv die Identität des Nutzers nicht kennt, weiß die Firma nicht, welche ihrer Kunden welche IMSI benutzt haben. Man erhalte laut Anbieter lediglich vom Bezahlendienst Teile der Kreditkartennummer und das Datum des eSIM-Kaufs, aber keine Merkmale des Smartphones.

Blindsignaturen

Um die Verknüpfung der Identität mit der IMSI aufzuheben, setzt Invisv die Kryptotechnik Blind Signatures ein. Diese bereits 1983 entwickelte Methode verwenden heute zum Beispiel elektronische Wahlmaschinen. Damit gewährleisten sie, dass nur registrierte Wähler zum Zug kommen, aber niemand erfährt, welche Kandidaten sie wählen.



Zusätzlich kann PGPP über eine Relay-Funktion den Internetverkehr des Smartphones schützen und die IP-Adresse des Nutzers verschleiern.

Invisv nutzt Blindsignaturen, um sicherzustellen, dass ein Smartphone den Bezahlvorgang für einen der beiden Mobilfunktarife korrekt abgeschlossen hat. Weil dabei Blindsignaturen und andere Elemente zwischen Smartphone und Invisv-Servern wandern, kann sich das Erzeugen einer neuen IMSI einige Sekunden bis Minuten hinziehen, je nachdem, wie schnell der Internetanschluss ist. Kaufspuren sind erst dann komplett verwischt, wenn der Dienst mit einer Prepaidkreditkarte bezahlt wird, die nicht mit dem Namen einer Person verknüpft ist.

Relay-Sprung

Zusätzlich verschleiert Invisv über ein Relay die IP-Adresse und verschlüsselt den Smartphoneverkehr. Beides bekommt man bei Apple mit iCloud Private Relay und bei Google mit dem Dienst One VPN bereits seit 2022 (ab 0,99 Euro bzw. ab 10 Euro monatlich). Google One VPN haben wir ausführlich getestet (ct.de/yzkt).

Die Parallelen überraschen nicht: Paul Schmitt hat die Relay-Technik und Blindsignaturen an der Universität Princeton für den Privatsphärenschutz verknüpft und 2019 vorgestellt. Apple, Fastly und Cloudflare haben sie aufgegriffen und unter dem Dach der Internet Engineering Task Force diverse Spezifikationen verfasst (z. B. Oblivious DNS-over-HTTPS, RFC 9230).

Deshalb funktioniert der Surfschutz bei Apple, Google und Invisv gleich: Zunächst wird die Kundenauthentifizierung mit Blindsignaturen von den Nutzdaten separiert. Dann laufen Internetdaten verschlüsselt über zwei Stationen, von denen die erste (Relay) den verschlüsselten Inhalt nicht einsehen kann und die zweite zwar entschlüsseln kann, aber nicht weiß, von wem die Daten stammen.

Das Relay betreibt jeder Anbieter selbst. Die zweite Station steuert ein unabhängiger CDN-Anbieter wie Fastly bei. Er leitet die Daten des Smartphones zum Ziel im Internet weiter, weshalb es den Anschein hat, als wäre Fastly der Absender.

Alle drei Anbieter versuchen, stets die nächstgelegenen Internetausgänge des CDN-Anbieters zu verwenden. Im Test mit PGPP klappte das gut, aber es kommt vor, dass Videostreams stottern, wenn die Streams fälschlich nicht vom nächstgelegenen Rechenzentrum kommen, sondern etwa aus dem Ausland. Die Ursache ist, dass Streaminganbieter manche IP-Adressen falschen Standorten zuordnen.

In solchen Fällen kann es helfen, die Relay-Funktion neu zu starten, um eine neue IP-Adresse von Fastly zu bekommen.

Wie manche andere VPN-Anwendung, so kann auch PGPP bei Bedarf automatisch anspringen und auch jeglichen Verkehr blockieren, falls die Relay-Funktion gerade nicht läuft. Beide Optionen schützen das Smartphone automatisch in öffentlichen WLAN-Hotspots.

Home, sweet home

Wir haben vom Hersteller einen Zugang für PGPP erhalten und konnten den Dienst einige Wochen lang testen. Dafür haben wir ein Google Pixel 6a mit aktuellem Android verwendet. Die eSIM buchte sich automatisch und reibungslos in das O2-Netz ein. Auch ließ sich das Smartphone als Mobilfunk-Gateway für angekoppelte Notebooks nutzen (Tethering). Jedoch läuft der Notebookverkehr nicht über das Relay, laut Hersteller aufgrund von Android-Einschränkungen.

Schaltet man das Relay ab und surft per Mobilfunk weiter, sollte das Smartphone eigentlich eine IP-Adresse aus dem Vorrat des Roaming-Netzwerks benutzen, im Testszenario also von O2. Stattdessen bekommt es jedoch Adressen von Invisv-Partnern, beispielsweise vom Londoner Unternehmen OVH oder vom New Yorker Local Internet Registry Equinix.

Das verwundert zunächst, doch PGPP funktioniert nur im Zusammenspiel mit dem zugehörigen Gateway von Invisv. Deshalb erzwingt der Hersteller, dass Roaming-Partner die Smartphonedaten ins Heimatnetz der eSIM schicken (home routed roaming), also zu einem Invisv-Standort. Dort purzeln die Smartphonedaten über die Infrastruktur eines der Festnetzprovider ins Internet, die Invisv gebucht hat.

eSIM-Quelle

Invisv bezieht eSIMs vom kanadischen Unternehmen Telna, das wiederum mit Mobilfunknetzbetreibern weltweit zusammenarbeitet. Das Smartphone erhielt eine eSIM des polnischen Providers Play. Invisv

gibt an, dass PGPP auf allen Kontinenten verfügbar ist. Auch der polnische eSIM-Anbieter ist in vielen Ländern als Roaming-Partner akzeptiert. Mit etwas Glück könnte PGPP also auch in Ländern wie Iran oder China funktionieren.

Zur eSIM gehört weder eine Rufnummer noch der SMS-Dienst, sodass man beispielsweise den Signal-Messenger nicht registrieren kann.

Neben der IMSI hat ein Smartphone viele Merkmale, die es wiedererkennbar machen, darunter die weltweit eindeutige Geräteerkennung (International Mobile Equipment Identity, IMEI). Invisv versichert, dass Tracking auf IMEI-Grundlage unüblich sei und glaubt, dass große Provider Jahre brauchen werden, um ihre Methoden umzustellen.

Außerdem stecken in Android Funktionen zum Protokollieren von GPS-Daten (Location Tracking), die Google in den USA auf staatliche Weisung abfragen muss. Wer auch diese Trackingoption loswerden will, muss den steinigigen Weg gehen und ein angepasstes Android wie GrapheneOS installieren.

Fazit

Invisv dürfte mit seinem Dienst viele Interessenten ansprechen und Strafverfolgern weitere graue Haare bescheren. Derzeit führt die Firma die hier vorgestellten Konzepte mit weiteren Anwendungen fort, darunter dem Videokonferenzsystem Booth, das sich noch in der Beta-Entwicklungsphase befindet und im Browser läuft.

Möglicherweise regt PGPP dennoch den einen oder anderen Mobilfunknetzbetreiber an, es Invisv nachzumachen, um mit Privatsphärenschutz Mitbewerbern Kunden abzufragen. Aus Anwendersicht ist mit den PGPP-Diensten ein großes Datenloch deutlich kleiner geworden, aber wegen beispielsweise Trackern in Apps nicht geschlossen. Umfassenden Schutz vor unerwünschtem Tracking und Malware bekommt man erst mit weiteren Werkzeugen. (dz@ct.de) **ct**

Blindsignaturen, PGPP-Infos: ct.de/yzkt

PGPP-Tarife von Invisv

Tarifmerkmal/Bezeichnung	Relay	Mobile Core	Mobile Pro
Datenvolumen/Geschwindigkeit	—	9 GByte/max. Speed bis 300 MByte täglich, danach 256 Mbit/s	Flatrate/max. Speed je nach Netz auch im Roaming
IMSI-Wechsel pro Monat	—	8	30
Adressverschleierung und Datenverschlüsselung	✓	✓	✓
Preis	5 US-Dollar pro Monat	40 US-Dollar pro Monat	90 US-Dollar pro Monat



Bild: Andreas Martini

Blitz-VPN

Geräte und Heimnetze mit ZeroTier vernetzen

Brauchen Sie Zugriff auf entfernte Bildschirm- oder Dateifreigaben? Wollen Sie Server unterwegs fernwarten oder eine LAN-Party über mehrere Standorte organisieren? Mit der Software ZeroTier gelingt all das überraschend einfach. Wir zeigen, wie Sie damit umgehen.

Von Dušan Živadinović

Ein zentrales Dashboard vereinfacht das Vernetzen entfernter Geräte gegenüber anderen VPN-Lösungen wie WireGuard, OpenVPN oder IPsec drastisch. Der Benutzerkomfort erinnert an frühe Ein-Klick-VPNs wie Hamachi. ZeroTier räumt die VPN-typischen Stolpersteine beiseite und automatisiert die Schweißtreiber so weit, dass sich der Netzwerkadmin ganz auf das Koppeln der Geräte konzentrieren kann. Beispielsweise nimmt ihm die Software das Verwalten der kryptografischen Schlüssel ab, ebenso den Tunnelaufbau und überwindet dabei automatisch störende Adressübersetzungen (NAT) in Routern.

ZeroTier gibt es etwa seit 2013. Inzwischen hat die gleichnamige, in Kalifornien ansässige Firma eine breite Fan-Gemeinde, zu der Netzwerker, Gamer und Bastler

gehören. Auch ein IBM-Entwickler führt in einem Blog von Januar 2023 vor, wie er das Tool verwendet (ct.de/ydgm).

In diesem Beitrag zeigen wir, wie einfach man ZeroTier-Netze (kurz ZT-Netze) einrichtet. Überraschend sind sie auch in Spielerkreisen in Gebrauch, als Rückgrat für Spiele über entfernte Standorte, obwohl sie eigentlich nur für lokale Netze ausgelegt sind. Die erhöhte Signallaufzeit scheint diesen Gamern die Spiellust nicht zu verderben. Auf ct.de/ydgm finden Sie verschiedene Listen von Games, die erfolgreich getestet worden sind („Race07“, „SWAT 4: TBA“ und viele andere).

Um erste Geräte miteinander zu vernetzen, genügt selbst ohne Netzwerkkenntnisse eine Kaffeepause. Anschließend kann man das Netz erweitern. Wir zeigen beispielsweise, wie Sie auf Ihre

Clients nicht nur über IP-Adressen zugreifen, sondern anhand von leichter merkbaren Hostnamen.

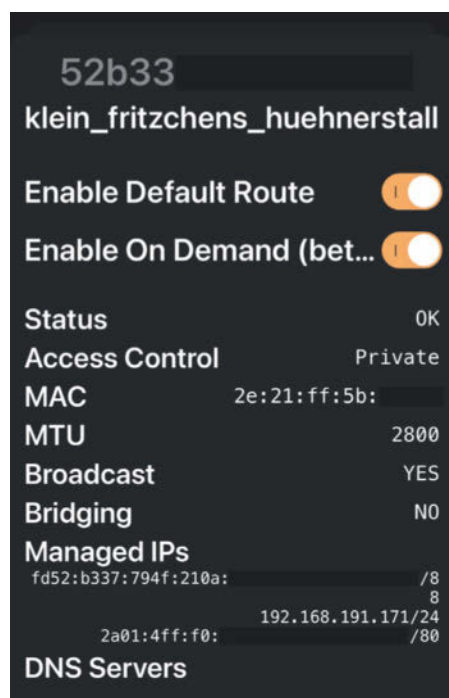
Vor dem Start einige warnende Worte: Die Quellen der diversen Clients, Server und anderer Infrastrukturelemente sind zwar offengelegt, aber ZeroTier verwendet proprietäre Protokolle. Diese wurden von unabhängiger Stelle auf Sicherheit geprüft, aber später hat ZeroTier die Verschlüsselung modernisiert, sodass ein Restrisiko für unbefugte Datenabflüsse bleibt. Mehr dazu finden Sie im Kasten „Sicherheits-Check“.

Der Zugang zu ZeroTier-Netzen lässt sich nur auf Geräteebeke regeln, eine User-Authentifizierung fehlt. Daher sollte man neue Clients nur handverlesen in sein Netz lassen. Umgekehrt gilt: Wer eine Einladung erhält, einem ZT-Netz beizutreten, sollte sicher sein, dass der Anbieter vertrauenswürdig ist.

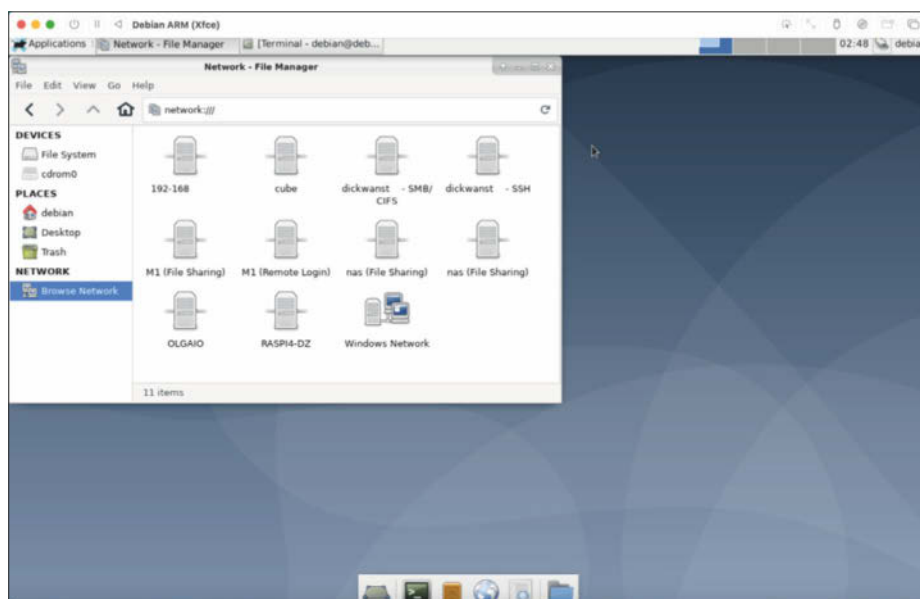
Schnellstart

Öffnen Sie im Browser die Webseite zerotier.com, legen Sie ein Konto an (Sign Up) und melden Sie sich auf my.zerotier.com an. Dort verwalten Sie alles zentral in einem Dashboard.

Klicken Sie auf „Create A Network“, um ein Netz zu erzeugen. Zur Identifikation



Der ZeroTier-Client für iPhones kann für den Schutz in Hotspots den VPN-Tunnel automatisch aufbauen und auch ein fernes Internet-Gateway nutzen. Der Android-Client ist noch nicht ganz so weit.



ZeroTier bildet ähnlich wie Switches Layer-2-Netzwerke, sodass Linux und macOS auch ferne Freigaben auf dem Desktop darstellen, als wären sie im selben Netz.

erhält es einen Namen und eine 16-stellige ID (linke Spalte) und für den Betrieb ist schon ein privater IPv4-Adressbereich vorgesehen. Wenn Sie auf den Namen klicken, erscheint die Managementseite. Dort können Sie den Namen nach Belieben ändern. ZT-Netze sind in der Grundeinstellung privat, was bedeutet, dass Clients nur nach Genehmigung beitreten können. Wir gehen im Weiteren davon aus, dass Sie das Netz in Privateinstellung betreiben.

Installieren Sie nun einen ZeroTier-Client auf einem Ihrer Geräte. Sie finden die Software im Dashboard über den Menüpunkt „Download“. Folgen Sie der Anleitung für die jeweilige Plattform.

Clientnutzer und ZT-Netzbetreiber müssen einer Vernetzung beide zustimmen. Auf Clients geht das über die Option „Join New Network“. Dort trägt man die 16-stellige ID eines ZT-Netzwerks ein und schon klopft der Client beim ZT-Netz an. Für Clients mit Kommandozeilensteuerung sieht das so aus; setzen Sie für Netzwerk-ID ihre ID ein:

```
zerotier-cli join Netzwerk-ID
```

ZT-Betreiber genehmigen den Beitritt im Dashboard im Bereich „Members“. Alle neuen Clients warten dort auf Einlass, auch ein Client, der auf demselben PC läuft, auf dem Sie das Dashboard bedienen. Er betritt das Netzwerk, wenn Sie links in der Spalte „Auth?“ beim je-

weiligen Client ein Häkchen setzen. Wenn Sie es wegnehmen, wartet er wieder draußen.

In der Spalte „Name/Description“ kann man einen Namen und eine Kurzbeschreibung eintragen. In den übrigen Spalten stehen zugewiesene IP-Adressen, Onlinestatus, Clientversion und die Quell-IP-Adresse des Clients, beispielsweise 10.147.14.14. Wenn Sie mindestens einen weiteren Client aufnehmen, können Sie den Kontakt testen, beispielsweise von einem PC aus mit:

```
ping 10.147.14.14
```

Ersetzen Sie 10.147.14.14 durch die IP-Adresse, die dem Zielgerät laut Dashboard zugewiesen ist. Anhand der Adressen öff-

c't kompakt

- ZeroTier-VPN-Netze lassen sich in Minuten aufsetzen.
- Clients sind für viele PC-, Smartphone- und NAS-Betriebssysteme erhältlich.
- Über ein Dashboard versorgen Sie sie mit Einstellungen, etwa für Namensdienste oder Gateways in andere Segmente.

nen Sie auf einem Desktop-PC entfernte Freigaben von Geräten mit ZeroTier-Clients, ganz so, als wären sie in Ihrem lokalen Netz. Auf Linux-PCs und Macs kann man Bildschirm-, Drucker- und Dateifreigaben sogar anhand der Namen und per Mausklick öffnen.

In der Spalte „Address“ stehen die zehnstelligen Node-IDs der Clients. Falls Sie Geräte von anderen Nutzern in Ihr Netz aufnehmen, beispielsweise zur Fernwartung, vergewissern Sie sich mit einem Anruf oder einer Textnachricht, um wessen Client es sich handelt. Tragen Sie dann einen wiedererkennbaren Namen zur jeweiligen Node-ID ein, beispielsweise „Werners Raspi“.

Layer-2-Spaziergang

ZeroTier verhält sich wie ein Ethernet-Switch, der IPv4-, IPv4-ARP- und IPv6-Ethernet-Pakete befördert (Layer-2-Architektur). Deshalb funktionieren die üblichen Befehle, um lokale Ethernet-Segmente zu erkunden. So kann man auf Linux mit den Befehlen `arp -a` und `ip -6 -r neighbor show` IPv4- und IPv6-Nachbarn suchen (`ndp -a` auf macOS, `Get-NetNeighbor` auf der PowerShell in Windows).

Der Layer-2-Architektur ist zu verdanken, dass in Heimnetzen gebräuchliche, dezentrale Namensauflösungen funktionieren (mDNS, NetBIOS). ZeroTier befördert nämlich Ethernet-Broadcasts und Multicasts zwischen den Clients. Broadcasts sind für viele Spiele unerlässlich, mDNS für dezentrale Namensauflösungen.

Wir haben ZeroTier überwiegend in der oben beschriebenen Konfiguration benutzt, also ohne Gateway zum Internet, sondern in der Split-Tunnel-Konfiguration. Ziele, die sich im Internet befinden, werden dabei über den gewählten Provider angesprochen, und nur die für das ZT-Netz bestimmten Pakete gehen in den ZT-Tunnel.

Zentrales DNS

In einem ZT-Netz kann man viele Geräte über Namensdienste wie NetBIOS oder mDNS anhand ihrer Hostnamen ansprechen und muss sich ihre IP-Adressen nicht merken. Manche Geräte spielen aber nicht mit und senden beispielsweise keine mDNS-Annoncen.

In solchen Fällen kann man zusätzlich einen eigenen DNS-Resolver verwenden. Dafür muss man im Dashboard dessen IP-Adresse und unbedingt auch einen Domainnamen eintragen; andernfalls übernimmt das Dashboard den Eintrag nicht. Anschließend pusht ZeroTier die DNS-Einstellungen umgehend an die Clients.

Wer keinen eigenen Resolver betreibt, kann ZeroNDS nehmen. Dabei handelt es sich um einen vom Hersteller auf ZeroTier maßgeschneiderten Resolver. Er sammelt nach dem Start die Namen und IP-Adressen der Hosts eines ZT-Netzes selbstständig ein und fügt sie einer internen Domain wie `kleintier.zoo` hinzu.

Mit etwas Linux-Know-how ist die Installation nebenbei erledigt. Wir haben gute Erfahrungen mit ZeroNDS in VMs auf Synology-NAS-Geräten gemacht (DS1621+

und RS1619). Dafür haben wir die aktuelle Debian-Distribution verwendet. Um ZeroNDS einzurichten, installieren Sie zunächst den ZeroTier-Client auf einem Linux-Gerät und melden ihn an dem ZT-Netz an, für das sie den Namensdienst einrichten wollen.

ZeroNDS nutzt das ZeroTier-API, um Teilnehmer eines ZT-Netzwerks zu finden. Für den Zugriff auf das API braucht der Server eine Zeichenfolge, Token genannt, die Sie im ZeroTier-Account erzeugen. Öffnen Sie dazu im Browser `my.zerotier.com`, klicken Sie in der Menüleiste auf „Account“ und weiter unten auf „New Token“. Tragen Sie einen Namen ein (z. B. `zeronsd`) und setzen Sie die 32 Zeichen lange Zeichenkette anstelle von `knzlprz` in den folgenden Befehl:

```
sudo bash -c "echo knzlprz
$ /var/lib/zerotier-one/token"
```

Erlauben Sie mit dem `chmod`-Befehl nur dem während der ZeroTier-Client-Installation erstellten Nutzer `zerotier-one`, auf die Datei zuzugreifen:

```
sudo chown zerotier-one:zerotier-one
$ /var/lib/zerotier-one/token
sudo chmod 600 /var/lib/$
$zerotier-one/token
```

Laden Sie nun das Installationsarchiv von ZeroNDS mit `wget` herunter und installieren Sie es mit `dpkg`; setzen Sie gegebenenfalls anstatt der Version 0.5.2 die aktuelle ZeroNDS-Version ein:

```
wget https://github.com/zerotier/
$zeronsd/releases/download/v0.5.2/$
$zeronsd_0.5.2_amd64.deb
sudo dpkg -i zeronsd_0.5.2_amd64.deb
```

Im nächsten Schritt konfigurieren Sie ZeroNDS und legen für den automatischen Start ein `systemd` unit file an. Dabei teilen Sie ZeroNDS die für das Netz gedachte Domain sowie die Netz-ID mit. Bei internen Domains sind keine Endungen erlaubt, die im Internet verwendet werden, und auch „local“ nicht, weil das von mDNS belegt ist. Stattdessen kann man aber „lokal“ nehmen, oder „daheim“. Wir verwenden im Beispiel „kleintier.zoo“ und die abgekürzte Netzwerk-ID `4242caac`. Ersetzen Sie sie im folgenden Befehl durch Ihre Domain und Ihre Netzwerk-ID:

Sicherheitscheck

Das jüngste Security-Audit für ZeroTier stammt von 2020 und erweckt zunächst Vertrauen. Doch bei genauem Lesen wird klar, dass ZeroTier nicht uneingeschränkt empfehlenswert ist.

Doch ZeroTier hat später die Verschlüsselung auf Salsa20-Poly1305 modernisiert. Überdies schrieben die Autoren der Firma Trail of Bits zuvor: „Insgesamt macht das Protokoll einen guten Eindruck, es dürfte gut gegen viele Netzwerkattacken geschützt sein – wenn es so implementiert wurde, wie gegenüber Trail of Bits beschrieben.“ Das heißt im Klartext aber: Die Autoren haben nur die Spezifikation geprüft und nicht den Code.

Das ist jedoch noch keine rote Ampel. In vielen Unternehmen laufen Closed-Source-Anwendungen mit Internetzugang, ohne jemals von unabhängiger Stelle geprüft worden zu sein. Beispiele sind Microsofts Skype und Teams, die beide Bildschirme freigeben können und deren Backends riesige Benutzerdatenbanken enthalten – da winkt so wie bei ZeroTier reiche Beute, falls ein Einbruch gelingt. Teams beherbergt zudem Office-Dateien und andere unternehmenskritische Daten. Wer solche Anwendungen als vertrauenswürdig einschätzt, kann auch ZeroTier verwenden.

```
sudo zeronsd supervise -t
❏ /var/lib/zerotier-one/token -w -d
❏ kleintier.zoo 4242caac
```

Der Befehl erzeugt einen Dienst mit dem Namen `zeronsd` gefolgt von der Netzwerk-ID. Mit dem üblichen `systemctl` wird der Dienst aktiviert und gestartet; setzen Sie wiederum Ihre Netzwerk-ID ein:

```
systemctl daemon-reload
sudo systemctl enable zeronsd-4242caac
sudo systemctl start zeronsd-4242caac
```

Testen Sie mit dem Ping-Befehl, ob das Übersetzen der Domainnamen in IP-Adressen funktioniert. Setzen Sie dabei einen im Dashboard eingetragenen Clientnamen sowie die Domain ein, die Sie konfiguriert haben:

```
ping katze.kleintier.zoo
```

ZT-Router

In der bisher geschilderten Konfiguration sind lediglich ZeroTier-Clients miteinander verknüpft. Mit kleinen Tricks greift man aber auch auf Netzwerke dahinter zu. Wir haben das mit einem Raspi ausprobiert. Dazu trägt man die Route zum entfernten Netz im Dashboard ein. Ein Beispiel steht im obigen Screenshot.

Dabei teilt man Clients mit, dass das Subnetz `192.168.0.0` über den ZeroTier-Client `192.168.196.54` erreichbar ist. ZeroTier sendet die neue Route umgehend an die Clients. Dabei springt die Anzeige der Route kurz auf Rot und dann wieder auf schwarz, wenn die Clients aktualisiert sind. Das Zurücknehmen von Routen klappte in einem Fall nicht; die Anforderung setzte die Zentrale erst nach Aus- und Einloggen um.

Das tatsächliche Routing richtet man auf dem Raspi ein, auf dem ein ZeroTier-Client im betreffenden Netz läuft. Schalten Sie dort die Paketweiterleitung ein:

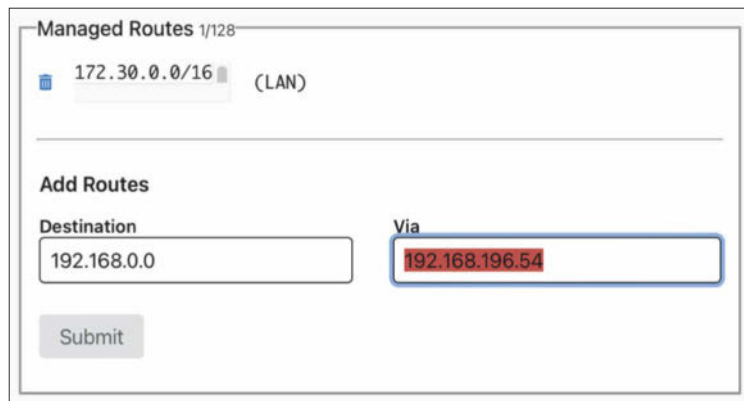
```
sudo sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```

Öffnen Sie mit `sudo nano` die Datei `/etc/sysctl.conf`, um diese Einstellung fest einzutragen. Entfernen Sie dafür das Raute-Zeichen `#` vor dieser Zeile:

```
net.ipv4.ip_forward=1
```

Lesen Sie in der Ausgabe von `ip a` die Interfacenamen des aktiven Ethernet- und des

Um beispielsweise mit einem Raspi auf das gesamte Heimnetz zuzugreifen, richtet man im ZeroTier-Dashboard zunächst eine statische Route ein.



ZeroTier-Interfaces aus. Unsere Beispiele lauten `ens3` und `ztr4nx3mbw`.

Tragen Sie beide als Shell-Variablen ein, indem Sie in das Terminal tippen (ersetzen Sie `ens3` und `ztr4nx3mbw` durch die Interfacenamen Ihres Raspi):

```
PHY_IFACE=ens3; ZT_IFACE=ztr4nx3mbw
```

Die Routingregeln setzt die Linux-Firewall um, die man zum Beispiel mit `iptables` konfiguriert. Dafür installiert man `iptables` auf dem Raspi:

```
sudo apt install iptables
```

Die Routingregeln lauten:

```
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING
❏ -o $PHY_IFACE -j MASQUERADE
sudo iptables -A FORWARD -i
❏ $PHY_IFACE -o $ZT_IFACE -m state
❏ --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
sudo iptables -A FORWARD -i $ZT_IFACE
❏ -o $PHY_IFACE -j ACCEPT
```

Speichern Sie sie mit `iptables-persistent`, damit sie bei Neustarts automatisch aktiviert werden:

```
sudo apt install iptables-persistent
sudo bash -c iptables-save >
❏ /etc/iptables/rules.v4
```

Ist alles erledigt, bringen Sie einen ZT-Client per Mobilfunk ins Internet, sodass er vom Zielnetz entfernt ist und testen Sie per Ping, ob er das Zielnetz über ZeroTier erreicht. Wenn das Netz den Adressbereich `192.168.178.x` belegt, dann kann man den zugehörigen Router mit diesem Befehl anpingen:

```
ping -c3 192.168.178.1
```

Clientunterschiede

Die Clientimplementierungen sind teils sehr unterschiedlich, wobei die Smartphoneclients den Desktopvarianten hinsichtlich des Funktionsumfangs hinterherhinken.

Der Android-Client erweckt anhand der Bedienelemente den Eindruck, dass er den gesamten Verkehr des Geräts durch den ZT-Tunnel zu einem Gateway leiten kann. Damit könnte er das Smartphone in unbekannten WLAN-Hotspots schützen. Im Test mit einem Google Pixel 6a und aktuellem Android 13 funktionierte die Umleitung über das Gateway nicht (Version 1.8.9-1).

Der iOS-Client, Version 1.8.10, kann das Gerät immerhin „Bei Bedarf verbinden“ und auch den gesamten Verkehr über ein ZT-Gateway tunneln – aber nur mit IPv4.

Der macOS-Client (`zerotier-cli 1.10.3`) arbeitete im Test überwiegend zuverlässig. Bei schnellen Wechseln zwischen Ethernet und diversen WLANs verhaspelte er sich aber gelegentlich und baute keinen funktionierenden Tunnel auf. Ein Neustart des Macs behob das Problem.

Fazit

Mit ZeroTier gelingt die Vernetzung von entfernten Geräten spielend leicht. Anschließend kann man sich auf die Aufgaben konzentrieren, die man erledigen wollte: Geräte fernwarten, Dokumente von der Firma aus daheim ausdrucken, Verwandten und Freunden über Bildschirmfreigabe in den Sattel helfen – was immer man mit einem Weitverkehrsnetz anstellen will.

Aber in ZeroTier steckt noch mehr. In einem der kommenden Hefte beschreiben wir, wie man ein Gateway baut, das den Internetverkehr von Clients in Hotspots schützt. (dz@ct.de) **ct**

ZeroTier-Projekt, Security-Audit:
ct.de/ydgm

Steuerbelege mit Elster sammeln und einbinden

Die deutschen Steuerverwaltungen haben die App „MeinElster+“ für iOS und Android vorgestellt. Damit sollen Nutzer steuerrelevante Rechnungen, Spendenbescheinigungen und andere Belege bereits bei Erhalt archivieren können.

Steuerrelevante Papierbelege lassen sich mit „MeinElster+“ ab sofort per Smartphone für die nächste Steuererklärung fotografieren. Ebenso können Nutzer Bilddateien oder PDFs, die zum Beispiel per Mail gekommen sind, in der App oder direkt im Elster-Portal am PC einlesen. Anschließend kategorisiert man die Belege und speichert sie im Elster-Portal, um den Inhalt später in die Steuererklärung übernehmen zu können. Eine Texterkennung macht das Dokument als Ganzes lesbar. Anschließend kann man mit wenigen Griffen zum Beispiel für Werbungskosten oder Spenden relevante Daten wie Beträge, Organisationen und Verwendungszwecke aus dem Dokument extrahieren. Insgesamt ist Platz für 100 MByte Daten, was etwa 50 Belegen entspricht. Herausgeber der App ist das bayerische Landesamt für Steuern im Auftrag der übrigen Landes- und Bundesbehörden.

Laut Bundesfinanzministerium sei der Datenschutz gewährleistet. Die Finanzämter könnten nicht ungefragt auf

die Belege zugreifen, Nutzer diese jedoch auf Anfrage dorthin übermitteln. Bundesfinanzminister Christian Lindner nannte die App einen wichtigen Schritt hin zur Vereinfachung und Digitalisierung der Steuererklärung – beispielsweise sollen Steuerpflichtige zukünftig auch alle bereits beim Staat vorliegenden Daten automatisch in die Steuererklärung übertragen bekommen. (mon@ct.de)



Mit „MeinElster+“ können Sie steuerpflichtige Belege wie Spendenbescheinigungen nun sofort nach Erhalt fotografieren und für die spätere Steuererklärung vorabspeichern.

Kurz & knapp

Private Verkäufer in Deutschland zahlen auf eBay ab sofort keine Angebotsgebühren und Verkaufsprovisionen mehr. Die Regelung gilt vorerst unbefristet und soll eBays Attraktivität steigern.

Die neue Social-Media-App „Artifact“ für Android und iOS stellt Nutzern in einer Timeline Nachrichtenartikel nach deren Präferenzen zusammen und soll vor allem Twitter Konkurrenz machen. Sie ist aber vorerst auf englischsprachige Beiträge begrenzt.

Mozilla hat seine clientseitige Browsererweiterung „Translations“ für Übersetzungen in Firefox um eine Textpassagen-Funktion erweitert; außerdem steht ab sofort eine Testversion für Android bereit.

In Deutschland stiegen 2022 die Umsätze im digitalen Werbemarkt nur geringfügig um 1,1 Prozent an. Das berichtet der Report des Onlinevermarkterkreises im Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) in einem Report.

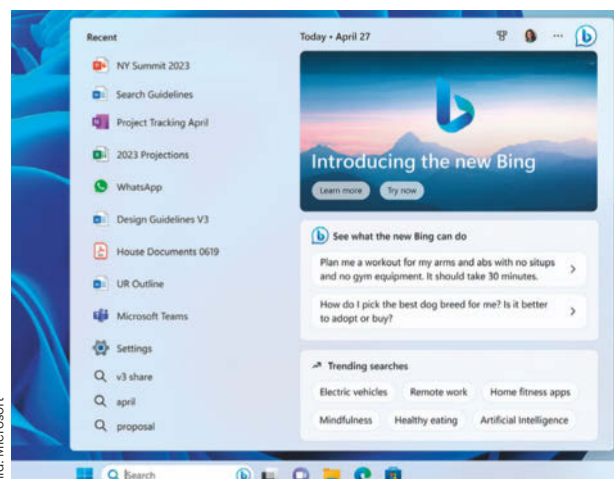
KI-Chatbot kommt in die Windows-Taskleiste

Microsoft integriert die neue, KI-unterstützte Bing-Suche in die Taskleiste der Betriebssystem-Oberfläche von Windows 11. Dazu stellt das Unternehmen ein kumulatives Update für das Betriebssystem bereit. Zunächst soll der Bing-Chat aber nur Nutzern offenstehen, die sich für das Preview-Programm angemeldet haben.

Nach dem Wirbel um ChatGPT will offenbar auch der Facebook-Konzern Meta bei KI-Chatbots mitmischen. Dafür hat das Unternehmen „LLaMA“ vorgestellt, eine Reihe von Sprachmodellen. Es soll in vielen Benchmarks besser als GPT-3 von OpenAI und Google PaLM abschneiden. OpenAI hat derweil die Programmierschnittstelle für ChatGPT freigegeben. Bislang konnte man per API nur auf das Sprachmodell GPT-3 zugreifen, jetzt

steht das für den Chat optimierte Sprachmodell GPT-3.5-turbo bereit. Es ist zudem um den Faktor 10 günstiger als GPT-3.

1000 Token zu erzeugen, also etwa 4000 Zeichen Text, kostet nur noch 0,002 US-Dollar. (jo@ct.de)



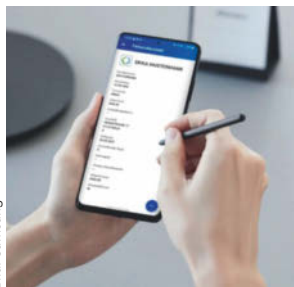
Demnächst soll jedermann über das Suchfeld in der Windows-11-Taskleiste mit Bings Chatbot suchen können.

E-Perso fürs Handy: Bald bei Samsung – 2024 auf dem iPhone?

Nach mehreren Terminverschiebungen soll der deutsche Smartphone-Ausweis in einigen Monaten auf Samsung-Smartphones starten. Im nächsten Jahr werden voraussichtlich auch die Geräte anderer Hersteller die Smart-eID unterstützen – aufgrund eines EU-Gesetzes.

Die Bundesregierung will ihren lang erwarteten Handy-Ausweis im zweiten Quartal 2023 für die ersten Geräte fertigstellen. Aktuell laufen Tests mit einer geschlossenen Benutzergruppe, wie das Bundesinnenministerium (BMI) auf Anfrage von c't erklärte. Ursprünglich sollte die Technik für die Smart-eID schon Ende 2020 stehen, doch das Ministerium verschob den Termin zunächst mehrfach und nannte später gar kein Zieldatum mehr.

Auch jetzt lässt das BMI eine Hintertür offen: „Der Termin des öffentlichen Go-Lives wird noch festgelegt“, sagte eine Sprecherin. Auch nach Abschluss der Entwicklung und Tests könnte es also noch dauern, bis es wirklich losgeht.



Bislang unterstützt nur Samsung den deutschen Handy-Ausweis, aber der Digital Markets Act der EU zwingt auch andere Hersteller dazu.

Mit der Smart-eID sollen Nutzer ihre Ausweisdaten in einem Sicherheitschip (embedded Secure Element) ihres Smartphones speichern können, sodass das umständliche Auslesen des E-Perso via NFC entfällt. Die Bundesregierung erhofft sich davon einen Schub für die digitale Identität, die bereits 2010 eingeführt wurde, aber bis heute nur wenige Nutzer hat.

Bislang hat nur Samsung seine Secure Elements für die Smart-eID freigegeben. Doch das BMI geht davon aus, dass weitere Hersteller das „zeitnah“ tun. „Da mit Inkrafttreten des Digital Markets Acts Smartphonehersteller zu einem offenen und diskriminierungsfreien Zugang zum Secure Element verpflichtet sind, sollte zukünftig ein Zugang zu allen entsprechend ausgestatteten Smartphone-Modellen bestehen“, erklärte die Sprecherin. Demnach muss zum Beispiel auch Apple die Smart-eID unterstützen, und zwar spätestens im Frühjahr 2024: Der Digital Markets Act der EU tritt im Mai in Kraft, danach bleiben maximal zehn Monate, bis die einzelnen Pflichten greifen.

Auf günstigen Smartphones ohne Secure Element sollen die Nutzer die Ausweisdaten mittelfristig im eSIM-Chip ablegen können, was ähnlich sicher ist. Außerdem will die Bundesregierung die Smart-eID in eine Wallet-App einbinden. Darin sollen Nutzer auch eine digitale Variante ihres Führerscheins (gemäß dem ISO-Standard mDL) ablegen sowie Dokumente digital unterschreiben können. (cwo@ct.de)

Streit um Strombremsen für Wallboxen und Wärmepumpen

Autobauer, Wärmepumpenhersteller und Verbraucherschützer machen gemeinsam Front gegen Pläne der Bundesregierung, Stromnetzbetreibern das Drosseln von Wärmepumpen und Wallboxen ihrer Kunden zu ermöglichen. **Eine zeitlich unbegrenzt mögliche Abregelung sei „nicht zumutbar“**, schreiben der Verbraucherzentrale Bundesverband, der Verband der Autoindustrie (VDA), der Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) und der Bundesverband Wärmepumpen (bwp) in einem offenen Brief (siehe ct.de/y2nf). Haushalte mit E-Autos und Wärmepumpen wären dann „mit erheblichen Unsicherheiten konfrontiert“.

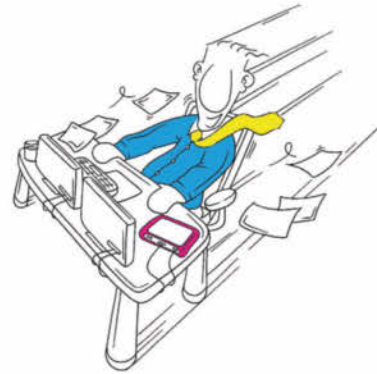
Die Verbände fordern Obergrenzen für die Dauer der Drosselung, bezogen auf jeden einzel-

nen Tag sowie das Gesamtjahr. Außerdem verlangen sie flexible Netzentgelte als Anreiz für Kunden, ihre E-Autos dann zu laden, wenn besonders viel Energie aus Sonne und Wind zur Verfügung steht.

Die Bundesnetzagentur hatte zuvor „Eckpunkte“ vorgestellt, denen zufolge Netzbetreiber die Wärmepumpen ihrer Kunden auf eine Leistung von 3,7 Kilowatt und Wallboxen auf 5 Kilowatt herunterregeln können, wenn das zur Stabilisierung des Netzes erforderlich ist. „Es wird definitiv keine Komplettabregelung geben“, betonte Netzagenturchef Klaus Müller im Dezember. (cwo@ct.de)

Offener Brief zu Strombremsen: ct.de/y2nf

just
DOCK IT.
speeds up your office...



**THUNDERBOLT™ 4 HUB
MIT 4 PORTS UND BIS ZU
8K@30 HZ VIDEOAUSGANG**

✓ **SUPERSCHNELL**
Übertragungsraten
bis zu 40 Gbit/s

✓ **SUPERSCHARF**
Hohe Videoauflösung
von 1x 8K oder 2x 4K

✓ **SUPERSICHER**
Hochwertiges Alu-Gehäuse
inkl. schützender Silikonhülle



JETZT MEHR ERFAHREN



www.icybox.de

 icyboxofficial  ICY BOX®
 RaidSonic Technology GmbH

Ubuntu-Flavors werfen Flatpak über Bord

Einige der offiziellen Ableger von Ubuntu boten bislang Pakete im Flatpak-Format an. Flatpak soll jetzt weichen, zugunsten des hauseigenen Snap.

Ab dem Release des für April erwarteten Ubuntu 23.04 „Lunar Lobster“ verabschieden sich die offiziellen Ubuntu-Flavors von Flatpak: Kubuntu, Xubuntu, Ubuntu MATE & Co. installieren das Framework zur Softwareverwaltung und -verteilung dann nicht mehr standardmäßig vor. Auch in die grafische Softwarezentrale soll es nicht mehr integriert werden. Ein Trost für Fans: Bestehende Installationen werden beim Upgrade nicht umgebaut, sondern behalten das Paketformat. Wer mag, kann Flatpak und das Flathub-Repository mit wenigen Befehlen selbst nachrüsten. Kurzanleitungen gibt es auf der Flathub-Webseite (siehe ct.de/yjmv).

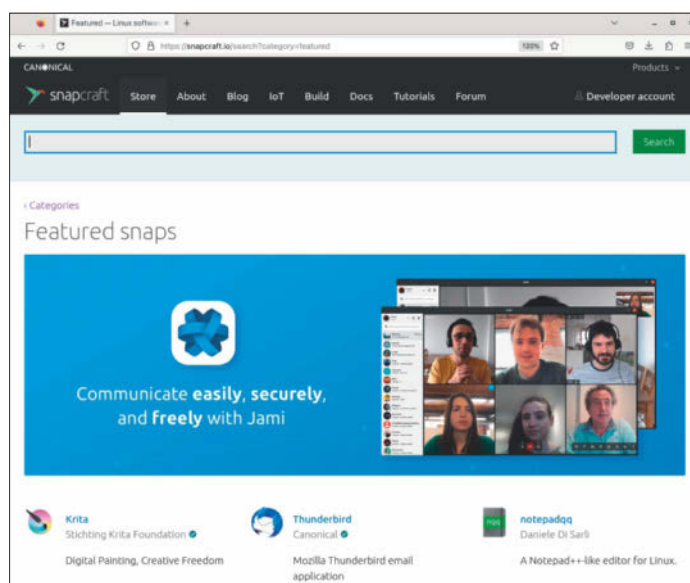
In einem Beitrag im Discourse-Forum von Ubuntu (siehe ct.de/yjmv) führt der Canonical-Mitarbeiter Philipp Kewisch aus, dass alle Ubuntu-Versionen künftig nur noch auf die Debian-Pakete in den regulären Repositories sowie auf das Canonical-eigene Snap setzen.

Ubuntu erklärt den Schritt mit einer Reduktion des Wartungsaufwands für Paket-Maintainer. „Die großen Distributionen haben alle ihre eigenen Entscheidungen getroffen, um Konsistenz in ihrem Ökosystem zu gewährleisten. Ubuntu baut auf einer Grundlage von deb-Paketen auf und glaubt an die Vorteile von Snaps“, schreibt Kewisch in seinem Beitrag.

Ab Ubuntu 23.04 heißt es Snap-Store statt Flat-hub für die Ubuntu-Ableger. Nutzer können Flatpak aber leicht selbst installieren.

Das Snap-Format von Canonical führte schon öfter zu Zankereien. Linux Mint, eine unabhängige Linux-Distribution, die auf Ubuntu aufbaut, liefert Snap seit 2020 nicht mehr an die eigenen Nutzer aus. Elementary OS setzt schon länger konsequent auf Flatpak. (Dirk Knop/dmk@ct.de)

Ankündigung im Ubuntu-Discourse-Forum: ct.de/yjmv



Apple-Silicon-Neuerungen in Linux 6.2

Mehr Code des Asahi-Linux-Projekts fließt in den Mainline-Kernel, Linux auf Macs mit M-Chips bleibt aber weiterhin experimentell. Linux 6.2, das Linus Torvalds vergangene Woche freigegeben hatte, enthält eine Reihe von Codeänderungen, die **Linux für Apple-SoCs** zukunftsfähig machen sollen. Der Leiter des Asahi-Linux-Projekts, Hector Martin, steuerte beispielsweise Device Trees (dt-bindings) für die M1-Pro-, M1-Max-, und M1-Ultra-Chips sowie einen cpufreq-Treiber für eine Reihe von M-Chips bei (siehe ct.de/yjmv). Weil durch die Berichterstattung zum Kernel-Release der Eindruck entstand, Linux sei durch die Neuerungen im Kernel jetzt alltagstauglich auf Macs mit Apple Silicon, entschied sich das Asahi-Projekt zu einer Stellungnahme auf Twitter und Mastodon (siehe ct.de/yjmv). Dort erklärte das Team, Nutzer sollten nicht erwarten, dass populäre

Linux-Distributionen wie Ubuntu jetzt funktionieren.

Das liegt unter anderem daran, dass die Kernel in den ARM-Varianten der meisten Distributionen für 4-KByte-Speicherseiten kompiliert werden, IOMMU auf Apple Silicon jedoch 16-KByte-Seiten erwartet. Darüber hinaus gibt es auch eine Reihe von Software, die nicht mit 16-KByte-Speicherseiten zurechtkommt. Wer Linux auf Macs mit M-Chips ausprobieren möchte, muss also auch weiterhin zu Asahi-Linux greifen, einem modifizierten Arch Linux mit den angepassten Kernel-Versionen linux-asahi, linux-asahi-edge und einem macOS-Installationskript. Innerhalb des Fedora-Projekts hat sich allerdings bereits eine Gruppe namens „Fedora Asahi Special Interest Group“ formiert, die daran arbeitet, Fedora für Apple-Silicon-Chips anzupassen. Der Red-Hat-Mitarbeiter Eric Curtin hat

kürzlich auf der Konferenz FOSDEM'23 über die Bemühungen berichtet (siehe ct.de/yjmv). Daneben gibt es eine Reihe weiterer Community-Projekte, die auf Asahi aufbauen und so andere Distributionen zum Laufen bringen (siehe ct.de/yjmv).

Auch mit einem angepassten Linux funktionieren noch nicht alle Hardware-Komponenten in Macs mit M-Chips, beispielsweise Mikrofon und Webcam in MacBooks. Welche Features bereits in den Upstream-Kernel eingeflossen sind, welche nur mit einem angepassten Asahi-Kernel funktionieren und worauf die User noch warten müssen, halten die Asahi-Entwickler in einer laufend aktualisierten Tabelle bei GitHub fest, die wir unter ct.de/yjmv verlinkt haben. (ndi@ct.de)

Vortrag über Fedora Asahi, Feature-Tabelle für Macs mit Apple-Chips: ct.de/yjmv

OneNote ist (schon wieder) tot

Microsoft stellt die App OneNote für Windows 10 ein und ersetzt sie durch die einst offiziell begrabene Desktopversion.

Die 2014 eingeführte Touch-optimierte UWP-Version (Universal Windows Platform) des Notizprogramms OneNote sollte das betagte, aber funktionsreichere Desktopprogramm (OneNote 2013, 2016) ablösen. 2018 erklärte Microsoft letzteres für tot und entfernte es aus dem Office-Installationsumfang. Nach massiven Nutzerprotesten wurde es jedoch wieder ausgegraben und koexistierte fortan mit dem moderneren, aber schwächeren OneNote für Windows 10.

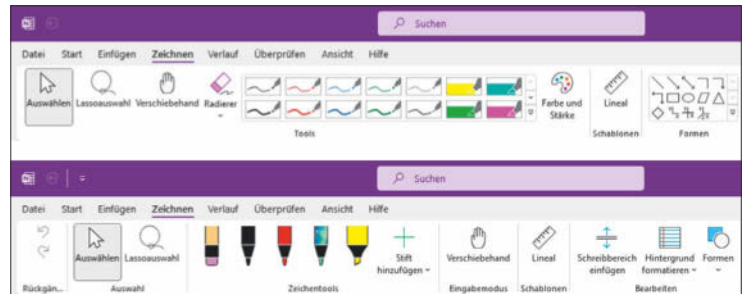
Nun eine erneute Kehrwende: Die UWP-Version wird nicht mehr weiter entwickelt und auch nicht mehr automatisch

mit Windows installiert. Im Microsoft-Store gibt es sie auch nicht mehr. Laut Microsoft sollen beide Versionen zusammengeführt werden; das Ergebnis konnte man einige Monate in den Office-Betakanälen testen; es landet nun nach und nach automatisch bei allen Nutzern. Tatsächlich entpuppt sich das „neue“ One-

Note lediglich als ein leicht aufpoliertes OneNote 2016. Neben ein wenig Kosmetik erhält es die modernere Stiftunterstützung der UWP-App – an der zugehörigen Symbolleiste erkennt man die neue Version am besten. Weitere Änderungen sollen nach und nach hinzukommen.

(swi@ct.de)

Das neue OneNote soll die UWP-Version komplett ablösen. Augenfälligster Unterschied zur alten Desktopversion (oben) ist das Stiftmenü.



Only Office 7.3: jetzt mit ChatGPT und Zoom

Das Unternehmen Ascensio aus Riga, Lettland hat die Version 7.3 seines Online-Office-Pakets Only Office herausgebracht. Neben etlichen neuen und verbesserten Funktionen – darunter ein Passwort-Dokumentenschutz, eine erweiterte Formularfunktion und SmartArt-Grafiken – sind auch zwei Plug-ins hinzugekommen. Eines bindet alle Office-Module per API an ChatGPT

an. Damit lassen sich zum Beispiel KI-generierte Texte direkt im Texteditor anfragen und in das aktuelle Dokument einsetzen.

Die Nutzung des API kostet Geld; man kauft sogenannte Tokens bei Open AI (openai.com/product). In den Online- und On-Premise-Versionen von Only Office installiert man das Plug-in direkt aus dem Programm; für die Desktopanwendungen

unter Windows, Linux und macOS richtet man es manuell ein, nachdem man das Plug-in von GitHub heruntergeladen hat. Neu ist auch ein Plug-in für den Videokonferenzdienst Zoom, allerdings nur für die Online-Versionen. Direkt aus der Oberfläche der Office-Programme heraus kann man Meetings konfigurieren, starten, planen und daran teilnehmen. (swi@ct.de)

**WIBU
SYSTEMS**

CodeMeter – Eine Symphonie von Software-Monetarisierungstools

- Komponieren Sie Ihren eigenen Code
- Orchestrieren Sie Ihre Lizenzstrategie
- Stimmen Sie Ihren IP-Schutz genau ab
- Verbreiten Sie Ihr gestaltetes Werk

Klingt einfach, oder?
Und das ist es auch
mit CodeMeter



Starten Sie jetzt
und fordern Sie Ihr
CodeMeter SDK an
wibu.com/de/sdk

+49 721 931720
sales@wibu.com
www.wibu.com



**SECURITY
LICENSING**
PERFECTION IN PROTECTION

Fusionsreaktor baut mehrfache Sonnenhitze auf

Über 480 Sekunden hat der Wendelstein-Versuchsreaktor für Kernfusion ein dünnes Wasserstoffplasma auf über 50 Millionen Grad gehalten. In diesen acht Minuten hielt die Anlage einen Energieumsatz von 1,3 Gigajoule aus.

Anlagen der Kernfusion sollen die Energiequelle der Sonne direkt anzapfen. Wer die Kernfusion beherrschen will, der muss mit sehr großen Energien umgehen können. In der Plasmakammer des Fusionsreaktors Wendelstein 7-X haben Forscher des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik in Greifswald ein leichtes Wasserstoffplasma erzeugt und über acht Minuten gehalten. Die Plasmatemperatur betrug in dieser Zeit über 50 Millionen Grad – selbst im Inneren der Sonne herrschen vergleichsweise kühle 15 Millionen Grad.

Das heiße Plasma kann auf der Erde nur im Magnetfeld bestehen, bei Kontakt zu den Innenwänden der Plasmakammer würde es schlagartig abkühlen. Im Reaktor spannen 50 supraleitende Magnetspulen einen Magnetkäfig auf, der in der sogenannten Stellarator-Anlage die Form eines verdrehten Ringes hat. Die Innenwände dieser Plasmakammer hat man in den vergangenen drei Jahren mit einem neuen

Hitzeschutz verkleidet. 657 Wasserkühlkreise sind in der Lage, aus der Kammer bis zu zehn Megawatt pro Quadratmeter abzuführen.

Der Testlauf mit dem Plasma bedeutete auch einen Funktionstest für die beteiligten Heizsysteme, denn um später einmal Energie mit Kernfusion gewinnen zu können, muss man zunächst das benötigte Wasserstoffplasma erzeugen und sogar auf über 100 Millionen Grad erhitzen. Dazu dienen die starken Magnetfelder, eine Mikrowellenheizung und eine Ionenheizung, die mit hoher Energie Neutronen in das Plasma schießt.

Beim jüngsten Rekordlauf gelang es mit diesen Systemen, dem Plasma kontinuierlich 2,7 Megawatt zuzuführen, das 50-Millionen-Grad-Plasma in der Schwebe zu halten und die abstrahlende Energie auch wieder abzuführen, ohne die Anlage zu beschädigen. Das nächste Ziel der Wissenschaftler ist es, die Versuchsdauer auf 30 Minuten und die Plasmatemperatur auf bis zu 100 Millionen Grad zu steigern. Damit könnten sie beweisen, dass mit ihrer Technik wirtschaftliche Kernfusion im Dauerbetrieb möglich ist, wenn auch erst in einer noch zu bauenden Großanlage. (agr@ct.de)

In der Fusionsanlage Wendelstein 7-X haben Wissenschaftler ein Wasserstoffplasma mit über 50 Millionen Grad erzeugt und acht Minuten aufrechterhalten.

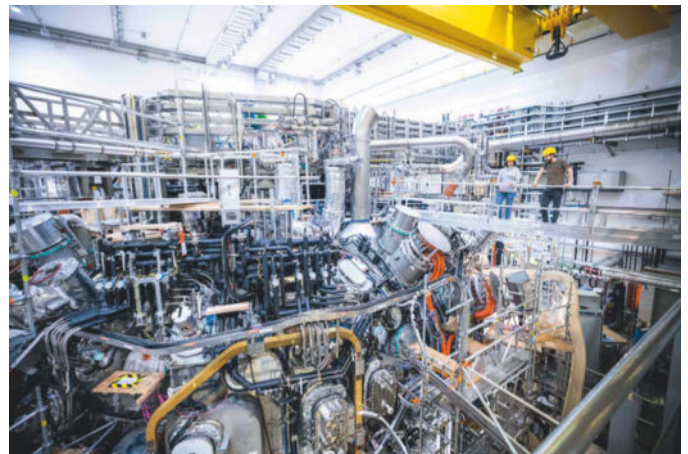
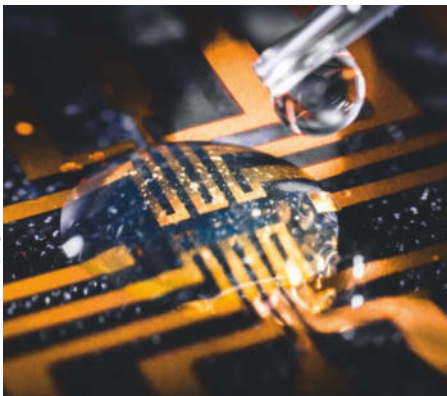


Bild: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik/Jan Hosan

Bioelektronik wächst im Körper

Mit einem Gel, das sie in den Körper eines Tieres injizieren, ist es schwedischen Forschern der Universitäten Lin-



Das mit Enzymen angereicherte Gel, hier ein Tropfen auf einem Mikrochip, kann sich im Körper in stromleitende Elektroden umwandeln.

köping, Lund und Göteborg gelungen, Elektroden wachsen zu lassen. Das Team um Magnus Berggren hat seinem Gemisch Enzyme zugesetzt, die im Körper beispielsweise die Bildung von Wasserstoffperoxid anregen. Das injizierte Gel bildet damit erst im Körper stromleitende Stränge.

Bei Tests an Zebrafischen hat sich die Entwicklung bereits bewährt, ihnen wuchsen **flexible Elektroden etwa im Hirn oder am Herzen**, ohne die Lebensfunktionen einzuschränken. Die Forscher hoffen, beispielsweise mit einer einfachen Injektion Elektroden auch ins menschliche Gehirn pflanzen und damit Nerven therapeutisch stimulieren zu können. Zudem denken sie daran, Mensch-Maschine-Interfaces zu entwickeln und sogar elektronische Schaltkreise im Körper wachsen zu lassen. (agr@ct.de)

Quantum SDK simuliert Qubits

Intel hat sein Quantum Software Development Kit (SDK) am 28. Februar veröffentlicht. Das integrierte Quantum Runtime Environment ist auf Intel-Hardware zugeschnitten, vor allem auf einen eigenen Qubit-Chip, den Intel für später in diesem Jahr ankündigt sowie auf den Controller Horse Ridge II. Softwareentwicklern steht zunächst die Möglichkeit offen, Programme in der Cloud auf dem **Intel Quantum Simulator mit bis zu 40 Qubits** ablaufen zu lassen. Das SDK bietet eine Programmierschnittstelle, die in C++ geschrieben ist. Entwickler können ihre Programmmodule in C/C++ oder Python einbinden. (agr@ct.de)

Papers und Links: ct.de/yswt

MAIL WAR GESTERN



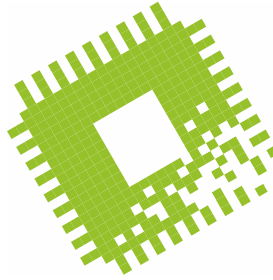
Jetzt zielgenau informieren

- ✓ Verschiedene Darstellungsmöglichkeiten (Laufband, Popup, Mobile, etc...)
- ✓ Kritische Informationen werden direkt wahrgenommen
- ✓ Zielgenaue Anwenderinformation bei IT-Störungen
- ✓ Bildschirmalarmierung und Evakuierung per Tastendruck



Bit-Rauschen

Übertakter-Xeons, mehr Fabs und weniger Dividende



Statt Xeons für Server liefert Intel lieber welche zum Übertakten – und gönnt Aktionären weniger Geld. AMD ergattert weiter Server-Marktanteile und bringt noch stärkere Ryzens. Texas Instruments baut seine Fabs kräftig aus.

Von Christof Windeck

Das tut Anlegern weh: Intel kürzt die Dividende. Für den jahrzehntelang erfolgsverwöhnten Chiphersteller ist es ebenfalls ein schmerzhafter Schnitt. Analysten unterstellen, Intel wolle damit seine Position im Poker um Subventionen verbessern. Denn es sieht etwas doof aus, wenn man einerseits Milliarden aus Steuermitteln kassiert und andererseits Milliarden an Aktionäre ausschüttet. Hierzulande erfährt gerade Mercedes-Benz, dass der Volkszorn hochkocht, wenn man angesichts von MilliardenGewinnen Kurzarbeit anordnet und somit Kurzarbeitergeld vom Arbeitsamt fließt. Firmenkaptäne in ihren schicken Büros leben doch weit weg von den Nöten der Durchschnittsfamilien, die unter Mieten, Energiekosten sowie Inflation ächzen und mit ihren Steuern die Subventionen subventionieren.

Intel-Chef Pat Gelsinger verkündet unverdrossen große Fortschritte bei künftigen Prozessoren, sozusagen unsichtbare Innovationen. Noch im laufenden Jahr 2023, wie Gelsinger mehrfach beteuerte, soll der Core i-14000 „Meteor Lake“ kommen, den Intel aus mehreren Chiplets – Pardon, „Tiles“ – zusammenklöppelt. Einige Spökenkieker behaupten nun, Meteor Lake käme nur als Mobilversion für Notebooks und Mini-PCs, also nicht für Desktop-PC-Mainboards mit der neuen Fassung LGA 1851. Das mit Meteor Lake

erwartete Thunderbolt 5 mit 80 oder gar 120 Gbit/s legt vielleicht erst 2024 los.

Unsichtbar ist bisher auch der am 10. Januar offiziell vorgestellte Xeon-SP der vierten Generation „Sapphire Rapids“. Zwar ist es normal, dass Serverprozessoren nicht sofort nach dem Start im Einzelhandel oder bei Online-Preisvergleichen auftauchen. Doch bisher haben sich auch keine Testgeräte materialisiert, weder im c't-Labor noch bei den meisten anderen internationalen Computerjournalisten. Es scheint fast, als hätte Intel die Virtualisierung bei diesen Xeons ein bisschen zu weit getrieben. Auch Cloud-Instanzen mit Xeon-SP Gen4 befinden sich bei Amazon AWS und Google Cloud weiterhin in der „Preview“-Phase für ausgewählte Kunden.

Der taiwanische Newsdienst Digitimes schätzt, dass Intels Server-Marktanteil bis Ende 2023 auf 71 Prozent sinken wird; AMD kommt der Quelle nach auf knapp mehr als 20 Prozent und ARM-Chips auf rund 8 Prozent – nach Stückzahlen gerechnet. Die US-Firma Counterpoint meint, AMD habe 2022 schon fast 20 Prozent Umsatzanteil bei den Serverprozessoren eingeheimst und Intel bloß noch 71 Prozent. Die ARM-Chips von AWS und Ampere kämen auf 3,2 respektive 1,5 Prozent. Laut Counterpoint schrumpfte der Markt für Serverprozessoren im ver-

gangenen Jahr um 4,4 Prozent. In diesem Jahr soll es aufwärtsgehen: Die Firma Trendforce erwartet, dass die Nachfrage nach Server-DRAM so stark steigt, dass wieder mehr davon produziert wird als von Smartphonespeicher.

Intel hat mit den Xeon W-2400 und W-3400 auch Workstation-Abkömmlinge der neuen Xeons vorgestellt, siehe Seite 45. Die kommen vielleicht schon vor ihren SP-Geschwistern in den Einzelhandel und lassen sich auch übertakten. Deshalb wiederum fertigt G.Skill bunt blinkende Registered DIMMs (RDIMMs), die sonst eigentlich nur im Dunkeln von Servergehäusen leben. Bei Preisen von über 900 Euro für die passenden W790-Mainboards dürfte sich die Begeisterung von Privatleuten allerdings in Grenzen halten. Xeon-W-Übertakten ist eher ein Spaß für Influencer, die die Hardware nicht selbst bezahlen.

Bei AMD läuft es besser: Der Ryzen 9 7950X3D mit großem L3-Cache rennt Intels Core i9-13900KS davon, zumindest in Spielen (siehe S. 94). Dafür sollen die Käufer aber auch satte 750 Euro hinblättern.

Fab-Wettrüsten

Während die EU ihr Fördermittelpaket namens „Chips Act“ weiterhin sehr langsam packt, klotzen die US-Amerikaner. Texas Instruments (TI) verkündete, zusätzlich zu den zwei Fabs im nordtexanischen Sherman noch eine weitere Fab in Utah hochzuziehen. Die soll 11 Milliarden US-Dollar kosten und neben dem Fertigungswerk in Lehi entstehen, das TI im Sommer 2021 von Micron gekauft hat. In Sherman könnte TI später noch zwei weitere Fabs bauen, was dann insgesamt bis zu 41 Milliarden US-Dollar kosten könnte. Damit rüstet sich TI für die wachsende Nachfrage nach Chips für Autos und will ab 2026 nicht etwa feinste Chipstrukturen von 3 oder 2 Nanometern belichten, sondern geradezu rustikale Halbleiter der 65- und 45-Nanometer-Klassen.

TI-Konkurrent Infineon kündigt an, die Werke in Malaysia mit noch besserer Abgasreinigung auszustatten, um Treibhausgase auszufiltern. Das verbessert den ökologischen Fußabdruck der Chipfertigung und könnte ein Verkaufsargument für E-Autos werden, die auf eine umweltbewusste Kundschaft zielen.

(ciw@ct.de) 

Podcast Bit-Rauschen: ct.de/y6k8



Bild: Texas Instruments

In Lehi zwischen dem Utah Lake und Salt Lake City baut Texas Instruments die nächste 11-Milliarden-Dollar-Chipfabrik, hier blau skizziert.

Arbeitsspeicher mit krummen Größen

Für Desktop-PCs gibt es nun DDR5-Module mit 24 und 48 GByte Kapazität. Zudem prescht G.Skill mit übertaktbaren Registered-RAM vor.

Im Handel sind die ersten DDR5-Speichermodule mit 24 und 48 GByte Größe erhältlich. Das ermöglicht im Dual-Channel-Betrieb mit zwei Modulen pro Kanal bis zu 192 GByte Arbeitsspeicher. Bisher war mit 32-GByte-DIMMs bei 128 GByte Schluss. Die neuen Module laufen auf AM5-Mainboards für Ryzen-7000-Prozessoren und LGA1700-Boards für Core-i-CPUs der 12. und 13. Generation. Andere Desktop-PC-Plattformen unterstützen kein DDR5-RAM und damit auch nicht die neu hinzugekommenen Kapazitäten.

Derzeit bietet lediglich Corsair Module mit 24 und 48 GByte an: Sie gehören zur Serie Vengeance mit DDR5-5200- und DDR5-5600-Tempo und sind mit und ohne RGB-Beleuchtung erhältlich. Dabei handelt es sich trotz der moderaten Frequenzen um Overclocking-DIMMs mit XMP 3.0. Für ein 48-GByte-Kit verlangt der Hersteller rund 200 Euro. Der Doppelpack mit 96 GByte Gesamtkapazität kostet rund 440 Euro. Zum Vergleich: Ein 32-GByte-DIMM dieser Geschwindigkeitsklassen bekommt man ab 130 Euro, sodass die 24- und 48-GByte-Module aufs Gigabyte gerechnet nur geringfügig teurer sind.

Möglich machen die krummen Größen Speicherchips mit 24 Gbit Kapazität statt der bisher maximalen 16 Gbit. Auf den UDIMMs (unbuffered) sitzen immer 8 oder 16 Stück davon, weil ein Kanal des Speicherbus 64 Bit breit ist. Derzeit fertigt lediglich Micron 24-Gbit-Chips. Microns Tochterfirma Crucial hatte am Jahresanfang selbst 24- und 48-GByte-Module angekündigt. Diese verzögern sich aber. Zudem wollen auch Samsung und SK Hynix 24-Gbit-DRAM fertigen. Allerdings ist noch unklar, ob diese ausschließlich als Registered DIMM (RDIMM) für Server oder auch als UDIMMs für Desktop-PCs erscheinen.

G.Skill betritt mit den Modulen der Serie Zeta R5 Neuland. Hierbei handelt es sich um RDIMMs für Server, die jedoch übertaktbar sind. Der Hersteller verspricht über XMP 3.0 ein Maximaltempo von DDR5-6400 mit einer CAS Latency von 32. Gedacht sind sie für Workstation-Prozessoren der Serie Xeon W-2400 und W-3400 „Sapphire Rapids“ mit bis zu acht Speicherkanälen (siehe S. 45). (chh@ct.de)



Bild: Corsair

Die maximale Arbeitsspeichermenge bei Core i-13000 und Ryzen 7000 steigt von 128 auf 192 GByte, wenn man DIMMs mit je 48 statt 32 GByte einsteckt.



ISBN 978-3-96009-179-0

ab 26,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-206-3

ab 44,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-207-0

ab 44,99 € • E-Book | Print | Bundle

Data Mesh

Eine dezentrale Datenarchitektur entwerfen

Verteilte Architekturen auch für das Datenmanagement! Dieses praxisorientierte Buch führt Sie in Data Mesh ein, ein dezentrales sozio-technisches Konzept basierend auf modernen verteilten Architekturen. Die Autorin ist die Begründerin des innovativen Data-Mesh-Konzepts und zeigt, wie Data-Mesh-Architekturen sowohl organisatorisch als auch technisch implementiert werden. Mit zahlreichen farbigen Abbildungen!



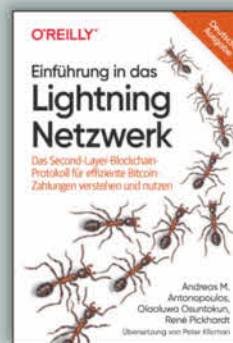
ISBN 978-3-96009-113-4

ab 39,99 € • E-Book | Print | Bundle



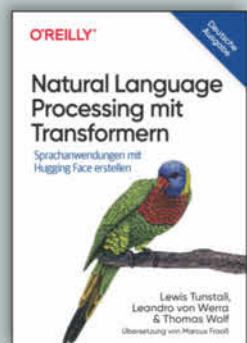
ISBN 978-3-96009-205-6

ab 23,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-201-8

ab 39,99 € • E-Book | Print | Bundle



ISBN 978-3-96009-202-5

ab 41,99 € • E-Book | Print | Bundle

O'REILLY®
www.oreilly.de

Bundle up!
Print- & E-Book
als O'Reilly-Bundle



Bild: Lintao Zhang/Getty Images

„Was dich nicht umbringt ...“

Wie China auf das Chip-Embargo der USA reagiert

Der Chip-Krieg zwischen den USA und China eskaliert von Monat zu Monat. Inzwischen sind auch deutsche Unternehmen betroffen. Doch Analysten zweifeln an der Strategie der Biden-Regierung. Wie antwortet Peking auf das Embargo?

Von Andreas Schuchardt

Der Technologiekonflikt zwischen den USA und China weitet sich aus. Washington will die Volksrepublik technologisch isolieren und von Halbleitern der neuesten Generationen abschneiden. Dazu setzt es seine westlichen Verbünde-

ten massiv unter Druck. Nach Japan, den Niederlanden, Südkorea und Taiwan ist nun auch Deutschland betroffen.

Die Exportkontrollen verschärften sich im Mai 2019, als Donald Trump den Huawei-Konzern auf die schwarze Liste der Unternehmen setzte, die nicht beliefert werden dürfen. Joe Biden hat diese Politik nicht nur fortgesetzt, sondern mit dem im August verabschiedeten CHIPS and Science Act massiv ausgeweitet. Seit Oktober 2022 haben die Amerikaner Monat für Monat weitere Technologiefirmen aus dem Reich der Mitte auf den Index gesetzt. Als Begründung führt die US-Regierung an, China müsse daran gehindert werden, seine militärische Schlagkraft zu erhöhen und die Überwachung der Bevölkerung zu modernisieren. Die USA fühlen sich offenbar in ihrer Hegemonie bedroht.

Ende Januar schlossen sich Japan und die Niederlande dem US-Embargo an. Ihre Unternehmen sollen dem strategischen Konkurrenten keine modernen Maschinen mehr liefern, die für die Herstellung von Chips benötigt werden. Details sollten wegen der sensiblen Natur der Gespräche mit den USA unter Verschluss bleiben, berichtet die Financial Times.

Hau den Maulwurf

Die Maßnahmen treffen das Reich der Mitte hart. 2021 wurden in China Chips und Computerbauteile im Wert von 186,5 Milliarden US-Dollar gehandelt, wie die staatliche Tageszeitung China Daily berichtete. Davon entfielen nur 31,2 Milliarden US-Dollar auf die chinesische Eigenproduktion. Das Embargo traf vergangenen Oktober auch Chinas größten Speicherchiphersteller Yangtze Memory Technologies (YMTC). Das Unternehmen hatte bei US-Ausrüstern Maschinen zur Chipherstellung bestellt. Die geleisteten Anzahlungen forderte das Unternehmen umgehend zurück. Gespräche mit Apple über die Lieferung vergünstigter Speicherchips für iPhones liegen auf Eis.

Das Embargo betrifft verschiedene Halbleitertypen: Bei Logikchips sind Strukturbreiten von 16 Nanometern und darunter tabu. Bei DRAM-Speichern ist bei 18 Nanometern Schluss und NAND-Speicher dürfen keine 128 Schichten oder mehr haben. Nach Einschätzung der Marktforscher von TrendForce muss sich YMTC deshalb aus dem Markt für NAND-Flash-Produkte zurückziehen.

Der Schock ist den frisch abgestraften Unternehmen deutlich anzumerken. Einen Tag, nachdem der Chiphersteller PXW zusammen mit 35 anderen Firmen auf der schwarzen Liste landete, sagte ein Mitarbeiter der Financial Times: „Die meisten Teamleiter und Manager sind gerade in einer Krisensitzung.“ Ein Ingenieur der ebenfalls betroffenen Hefei Core Storage gestand: „Das ist eine böse Überraschung. Niemand hat damit gerechnet, dass wir auf dem Radar auftauchen.“ Für Douglas Fuller, China-Experte an der Copenhagen Business School, ist es ein Hauden-Maulwurf-Spiel: „Jedes Mal, wenn Washington Sanktionen verhängt, tauchen neue Projekte auf, die sie dann wieder zu blockieren versuchen.“

Wer schon länger auf dem Index steht, gibt sich derweil gelassen. So stellte Huawei-Chef Eric Xu im Dezember in einem Brief an die Belegschaft kühl fest: „Die

US-Restriktionen sind jetzt unsere neue Normalität und wir gehen wieder zur Tagesordnung über.“ Der Umsatz seines Unternehmens betrug im vergangenen Jahr rund 91,6 Milliarden US-Dollar. Er blieb im Vergleich zum Vorjahr stabil, weil Huawei neue Geschäftsfelder mit anderen Industriekunden erschloss, die weniger anfällig für den Druck aus den USA sind.

Zeichen der Schwäche

Das Staatsorgan China Daily sieht die Attacken aus Übersee als Ansporn. Am 1. Februar titelte es selbstbewusst: „Sanktionen werden Chinas Hightech-Aufstieg nicht bremsen.“ Die US-Praxis widerspreche „den Prinzipien der Marktwirtschaft“ und trete „die Grundregeln des internationalen Handels mit Füßen“. Sie zeige, „wie verzweifelt Washington inzwischen ist“. Das Embargo sei ein Zeichen von Schwäche. Wenn die US-Wirtschaft stark genug wäre, könnte sie sich mit der chinesischen im freien Wettbewerb messen.

Im Weiteren gibt China Daily zu bedenken, dass „der Aufbau einer technologischen Mauer dazu führt, dass die USA selbst darin gefangen bleiben“. Sollten die USA weiterhin Technologie als Waffe einsetzen, würden sie „nicht nur China, sondern auch ihren Partnern, sich selbst und der Welt schaden“.

Neue Allianzen

Zwei Tage nach Inkrafttreten des amerikanischen Inflation Reduction Act (IRA) am 1. Januar 2023 machte der chinesische Wirtschaftsprofessor Zhao Yongsheng anderen Staaten ein Angebot: „Wenn Europa sich mit China und anderen Schwellenländern zusammenschließt, können sie kurz- und mittelfristig wirksam auf die USA reagieren. Sie könnten die Amerikaner zum Beispiel zwingen, Ausnahmen für Fahrzeuge mit Elektro- und anderen umweltfreundlichen Antrieben zuzulassen. Langfristig müssen China und die EU die treibenden Kräfte bei der Neugestaltung der Welthandelsregeln werden“, sagte Yongsheng der Global Times, dem Sprachrohr der nationalistischeren Kräfte innerhalb der KP Chinas.

Die Gefahr neuer Allianzen gegen die USA sieht auch Washington. Die ehemalige Außenministerin Condoleezza Rice warnte kürzlich die Biden-Regierung: „Der schnellste Weg, Freunde zu verlieren, ist zu sagen: Entweder ihr wählt uns oder China!“ Das betrifft auch deutsche Unternehmen wie Carl Zeiss und Trumpf. Sie kooperieren eng mit ASML aus den Nie-

Dem Embargo zum Trotz: Chinas Raumstation Tian-gong läuft komplett mit Chips aus eigener Produktion.



Bild: Jin Liwang/Xinhua/dpa

derlanden, dem weltgrößten Hersteller von Lithografieanlagen für die Halbleiterproduktion. ASML-Chef Peter Wennink plädiert in der FAZ für „vernünftige“ Exportkontrollen, die „keine großen Auswirkungen auf Branchen haben, die komplett von diesen Halbleitern abhängig sind“.

Noch schärfere Kritik kommt aus Japan. Der Vorstandsvorsitzende von NEC, Takayuki Morita, bezweifelt die langfristige Wirksamkeit der Maßnahmen: „Ich persönlich glaube, dass der Technologie-Streit zwischen den USA und China über Chips zwar den technologischen Fortschritt Chinas verlangsamen kann, aber den allgemeinen Trend nicht ändern wird. [...] Langfristig wird China eine der Kräfte sein, mit denen wir rechnen müssen.“

China holt auf

Derzeit hinkt China drei bis vier Chipgenerationen hinterher, schätzen die Marktforscher der International Data Corporation. Innerhalb von zehn Jahren könnte das Land diesen Rückstand gegenüber den USA jedoch aufholen. Bis 2025 will Peking insgesamt 1400 Milliarden US-Dollar in Hochtechnologie investieren, einen Großteil davon speziell in die Halbleiterindustrie. Dagegen sei Bidens viel gelobter Chips and Science Act mit 52,7 Milliarden Dollar zur Ankurbelung der heimischen Chipproduktion „ein Tropfen auf den heißen Stein“, sagte Analyst Stanley Chao der in Hongkong erscheinenden South China Morning Post. China habe von den besten Technologieunternehmen der Welt gelernt. Sowohl in der neuen chinesischen Raumstation Tian Gong als auch im Mars-Rover, der vor zwei Jahren auf dem Roten Planeten landete, wurden laut Chao ausschließlich Chips „Made in China“ eingebaut.

Auch Stephan Roach, ehemaliger Asien-Chef der Investmentbank Morgan Stanley, glaubt nicht, dass die USA ihren

technologischen Vorsprung halten können. Als Grund nennt er, dass die Chinesen deutlich mehr in Grundlagenforschung investieren als die Amerikaner.

Übergangsphase

Bis China die USA eingeholt hat, setzt das Reich der Mitte auf bewährte Technik. Große Hoffnungen ruhen auf dem Auftragsfertiger Hua Hong. Dieser stand lange im Schatten des nationalen Chip-Champions SMIC, weil er ältere Halbleiter verwendete. Doch wie die Financial Times Ende Dezember 2022 berichtete, erwies sich „Hua Hong's Mangel an Spitzentechnologie zuletzt eher als Segen denn als Nachteil“. Im Vergleich zum Hersteller SMIC, der im Labor bereits 7-nm-Chips fertigen konnte, setzt Hua Hong erfolgreich auf die Optimierung seiner weniger miniaturisierten Chips. Diese kommen im Internet der Dinge, in der Telekommunikation der fünften Generation und in Elektrofahrzeugen zum Einsatz. Die älteren Prozesse von Hua Hong wären eine gute Basis für Tests und Verbesserungen bei chinesischen Chipherstellern und könnten ausländische Anlagen womöglich ersetzen.

Als weiteren Trumpf im Wettstreit mit den USA könnte China seinen riesigen Datenschatz ausspielen. Sonys Technologiechef Hiroaki Kitano ist überzeugt: „Die treibende Kraft für KI in China ist der Zugang zu sehr großen Datensätzen.“ Bis 2025 wird Chinas Anteil am weltweiten Datenvolumen auf mehr als ein Viertel steigen, prognostiziert die International Data Corporation. China Daily stellte selbstbewusst fest: „China verfügt über die größten Datenmengen der Welt.“ Ohne Daten aus China sei kein Unternehmen in der Lage, eine KI-Anwendung an die Weltspitze zu führen. Die Zeitung erinnerte deshalb optimistisch an ein altes Sprichwort: „Was dich nicht umbringt, macht dich stärker.“ (hag@ct.de) **ct**

Fritzboxen bekommen Wi-Fi 7, Zigbee und Matter

Drei neue Router und ein Smart-Home-Gateway kündigte AVM Ende Februar an. Die schnellste Fritzbox soll bis zu 10 Gbit/s liefern.

Die kommenden Fritzboxen sollen 5690 Pro, 5690 XGS und 6860 5G heißen. Die XGS-Variante wird zwei, das Pro-Modell drei 4-Stream-Funkmodule für den nächsten, noch nicht finalisierten WLAN-Standard Wi-Fi 7 alias IEEE 802.11be haben. Damit funken sie in den gewohnten WLAN-Bändern 2,4 und 5 GHz, die 5690 Pro außerdem im seit 2021 nutzbaren 6-GHz-Band. Das Modell 6860 5G wird ein Wi-Fi-6-Upgrade des Mobilfunk-

routers 6850 5G in einer kompakteren Bauform.

AVMs Fritzbox 5690 Pro soll Kunden locken, die einen möglichst vielseitigen Router wollen. So hat sie für die Internetanbindung sowohl ein DSL-Modem als auch einen SFP-Schacht, der Optikmodule für unterschiedliche Anschlussstypen aufnimmt (GPON bis 2,5 Gbit/s, AON bis 1 Gbit/s). Das erleichtert den Medienwechsel, sobald Glasfaser im Stadtviertel verlegt wird. Zwar führt der Hersteller nur SFP an, aber wahrscheinlich steckt wie bei den aktuellen Glasfaserboxen 5530 und 5590 schon ein SFP+-Slot für maximal 10 Gbit/s in der 5690 Pro.

Die Schwester 5690 XGS richtet AVM vorwiegend an Provider, die ihr Netz für die nächste, 10 Gbit/s schnelle Glasfasergeneration ausbauen (XGS-PON). Dazu hat sie einen SFP+-Schacht für Optikmodule. Ihr zwischen WAN und LAN umschaltbarer Ethernet-Port soll gleichfalls mit maximal 10 Gbit/s laufen. Sie funkt nur im 2,4- und 5-GHz-Band gemäß Wi-Fi 7, anders als die 5690 Pro aber nicht auch bei 6 GHz.

Beide Glasfaserrouter bekommen als erste Fritzboxen eine Zigbee-Funkschnittstelle (IEEE 802.15.4) als Basis für das herstellerübergreifende Smart-Home-Protokoll Matter. So sollen sie Matterkompatible Geräte wie Lampen und Thermostate steuern. Telefonie und Smart-Home-Steuerung per DECT (ULE) sind weiterhin dabei.

Das neue Fritz-Smart-Gateway mit DECT, WLAN und Zigbee soll als externe Smart-Home-Funkbasis ältere Fritzboxen Matterkompatibel machen; dazu will AVM die Router mit Firmware-Updates ertüchtigen. Was die neuen Fritz-Geräte kosten, ist noch offen. Das Gateway könnte noch in der ersten Jahreshälfte 2023 herauskommen, die Router vielleicht in der zweiten. (Mark Mantel/ea@ct.de)



Bilder: AVM, Collage: ct

Hochkant zieht: AVMs neue Glasfaserboxen 5690 Pro, 5690 XGS und der Mobilrouter 6860 5G wenden sich vom Keilformat ab. Das Smart-Home-Gateway für die Steckdose kommt in Repeater-Bauform.

Latenzarme Rechenzentren

2 bis 6 Millisekunden, so gering will nLighten die Latenz zu seinen neuen Rechenzentren halten. Damit das klappt, baut das deutsche Unternehmen Standorte in **Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Hannover, Köln, Leipzig, München, Nürnberg und Stuttgart**.

nLightens Angebot in puncto Colocation (Betrieb kundeneigener Server- und Netzwerkhardware) reicht von einfachen Server-Einbauplätzen in geteilten Racks über separate Racks mit optionalem Schutz gegen unbefugtes Hantieren bis hin zu abgeteilten Käfigen mit Sicherheitsausstattung nach Kundenwunsch.

Luftgekühlte Installationen versorgt nLighten standardmäßig mit 4 bis 15 Kilowatt elektrischer Energie pro Rack. Geräte mit Wasserkühlung können sogar mit bis zu 50 Kilowatt versorgt werden.

Mehrere Backbone-Betreiber sollen an den Standorten für Verbindungen in die weite Welt sorgen. Kunden können sich über ein Onlineportal flexibel entscheiden, über welche Backbones sie ihre Geräte angebunden haben wollen.

Für Installation und Wartung gewährt nLighten zuvor erfassten Technikern jederzeit Zugang zur Hardware. Damit das unkompliziert klappt, hat jeder Standort Ladebuchten für Kunden, die per E-Mail oder telefonisch reserviert werden können. Alternativ können Kunden viele Arbeiten vom 24/7-Dienst des Betreibers ausführen lassen – etwa händische Reboots oder Sichtprüfungen. Auch Installationen erledigen die Techniker auf Wunsch vor Ort. Die Hardware dafür kann etwa per Post zum Standort gelangen. Alle Standorte sollen im Laufe des Jahres 2023 in Betrieb gehen. (amo@ct.de)

Kurz & knapp

Devolos **Netzwerkadapter für heimische Telefon- und Koaxialkabelverteilungen** namens Giga Bridge (siehe c't 2/2022, S. 98) sind ab sofort auch einzeln erhältlich. Im Onlineshop zahlt man rund 130 Euro für das Gerät mit Koax-Zubehör.

Nokia hat zusammen mit dem Backbone-Netzbetreiber GlobalConnect nach eigenen Angaben **zwei neue Glasfaserrekorde** aufgestellt: Sie transportierten 1,2 Terabit pro Sekunde über rund 120 Kilometer und 800 Gigabit pro Sekunde über rund 2000 Kilometer. Zum Einsatz kam Nokias PSE-6S Glasfaser-Transceiver auf einem WDM-Kanal mit 150 GHz Bandbreite.

TV-Hersteller ringen um die beste OLED-Technik

Hellere OLEDs, neue 8K-Fernseher und aktuelle Bedienkonzepte stehen bei den TV-Herstellern in diesem Jahr im Fokus. Einige bauen wieder Mikrofone direkt in die TVs.

Panelhersteller LG Display konnte die Leuchtdichte seiner OLEDs mit winzigen Mikrolinsen (MLA, Micro Lense Array) merklich verbessern. Sowohl Philips als auch LG Electronics nutzen die neuen Panels in ihren Top-Geräten. Bei Philips ist dies der OLED+908, bei LG die G3-Serie, jeweils in TVs mit 55, 65 und 77 Zoll Diagonale. Die MLA-Technik gibt es noch nicht für kleinere Diagonalen (42 und 48 Zoll) und auch nicht für große TVs mit 83 Zoll. Stattdessen kommen in den Topmodellen dieser Größen weiterhin die per Deuterium verbesserten OLED-EX-Panels (siehe c't 3/2022, S. 50) von LG Display zum Einsatz. OLED-EX steckt auch in der C3-Serie von LG und den OLED-807-Modellen von Philips.

Sony verwendet in seinen High-End-Geräten ein QD-OLED-Panel des Panelherstellers Samsung Display. Das japanische Unternehmen ist damit neben Samsung Electronics der einzige TV-Hersteller, der die neue OLED-Variante nutzt. LCD-TVs mit Mini-LEDs im lokal dimmbaren Backlight positioniert Sony im Line-Up hinter den QD-OLEDs und erst dann folgen die TVs mit WOLED-Panel von LG Display. Erstere empfiehlt Sony wegen ihrer größeren Helligkeit für die Wiedergabe von Sportinhalten.

Inzwischen ist der Konkurrenzkampf zwischen den beiden OLED-Lagern von LG und Samsung in vollem Gang. So preist Samsung den größeren Farbumfang der QD-OLEDs und moniert die überbetonten Farben in dunklen Szenen bei WOLEDs. Die anderen heben die enorme Leuchtdichte der WOLEDs-MLA-Panels hervor und monieren die entsättigten Farben der Konkurrenz in dunklen Szenen. Wer die höhere Le-

bensdauer und die geringere Burn-in-Anfälligkeit besitzt, ist ebenfalls ein aktueller Streitpunkt. Der höhere Energiebedarf der QD-OLEDs ist dagegen unstrittig. Wir werden die einzelnen Punkte in kommenden Tests soweit möglich überprüfen.

In Sachen Energiebedarf stehen 8K-TVs mit 7680×4320 Pixeln wegen einer seit dem 1. März gültigen Neufassung der Ökodesign-Richtlinie auf der Kippe – sie benötigen wegen ihrer winzigen Pixel und der damit verbundenen kleinen Leuchtflächen zu viel Strom. So bringen in diesem Jahr nur Samsung und LG neue 8K-Geräte. Beide Hersteller versetzen die TVs dafür im Auslieferungszustand in einen dunkleren Eco-Modus und aktivieren Sparmaßnahmen wie einen Umgebungslichtsensor. Sony, Philips & Co. wollen ihre bisherigen 8K-TVs weiter verkaufen; die Neufassung der EU-Richtlinie gilt nur für neue Geräte, die noch nicht im Handel sind.

Alle großen TV-Hersteller setzen seit langem auf Sprachsteuerung, man musste bislang jedoch bei allen Geräten zur Fernbedienung greifen und dort hineinsprechen. LG, Philips und Sony wollen die Spracheingaben nun vereinfachen und stecken zusätzlich ein Mikrofon direkt ins TV-Gerät. Bei Philips zeigt eine LED den Zustand des Mikrofons an, bei Sony und LG fehlt diese. Das Mikrofon lässt sich jeweils im TV-Menü deaktivieren.

Philips will sein eigenes TV-Betriebssystem Saphi weiter ausbauen und dadurch zumindest bei einigen Modellen von Google TV abrücken. Sonys neue TV-Modelle nutzen dagegen durchweg Google-TV, per App lässt sich deren Kanalliste jetzt sehr einfach organisieren. LG hat seinem WebOS eine Ordnerstruktur spendiert, wie man sie vom PC kennt, während Samsung sein Tizen-Betriebssystem künftig auch anderen TV-Herstellern anbieten will. (uk@ct.de)



Philips-Fernseher erkennt man sofort an der LED-Beleuchtung Ambilight. Sie erweitert den Bildinhalt vom Display auf die Wand.

Verlässlich zählt

W&T verbindet Ihre Geräte und I/Os.



Schnell informiert, entspannt getestet, langlebig im Einsatz:



W&T
www.WuT.de

Made in Chona

Die Preise für Terabyte-SSDs sind unter 50 Euro gefallen. Doch wer nach dem allerbilligsten Angebot sucht, droht Opfer von Betrügern zu werden.

Nicht einmal 45 Euro kostete die günstigste SATA-SSD mit 1 Terabyte Speicherplatz, die Patriot Burst Elite, laut unserem Preisvergleich zum Redaktionsschluss. Noch einen Euro billiger aber war die Terabyte-SSD des Ebay-Händlers Kendihion, die zudem in verschiedenen Farben erhältlich ist: rot, grün und blau. Das sind wohl nicht zufällig genau die drei Farben, die Western Digital bei seinen Laufwerken verwendet.

c't-Leser Uwe R. hatte sich eine solche SSD gekauft und begann während seiner ersten Tests zu zweifeln: Die Schreibrate sank nach kurzer Zeit auf deutlich unter 100 MByte/s, weshalb er seine Versuche abbrach und bei uns nachfragte. Wir haben uns dann sicherheitshalber gleich zwei dieser SSD gekauft – falls eine den Test nicht durchsteht.

Die positiven Nachrichten: Die von uns bestellten SSDs trafen innerhalb eines Tages ein und erreichten in Kurztests rund 450 MByte/s beim Lesen und Schreiben. Beim Test mit unserem Kapazitätstestprogramm H2testw aber brach die Schreibrate schnell auf Werte unter 10 MByte/s ein. H2testw bescheinigte der Terabyte-SSD nach diversen Stunden dann eine reale Kapazität von nur 110 GByte – es handelt sich also definitiv um Betrug, wie er bei USB-Sticks und SD-Karten schon länger üblich ist.

Die beiden Flash-Chips auf der Platine der SSD sind mit einem Micron-Logo

bedruckt, auch die Teilenummern deuten auf Micron-Flash hin – dieser Typ existiert jedoch nicht. Die Oberfläche des SSD-Controllers ist abgeschliffen, eine Platinenbeschriftung auf der Unterseite weist auf den Realtek-Controller RTS5732 hin – einen Billig-Controller ohne DRAM-Unterstützung. Tools zur Manipulation dieses Controllers bekommt man in den dunklen Ecken des Netzes.

Die Überschrift dieses Artikels haben wir uns übrigens nicht selbst ausgedacht. Diese Herkunftsangabe stammt vom Aufkleber auf der Rückseite der SSD. Die dort abgedruckten Seriennummern sind bei beiden SSDs gleich, mit der von einem SMART-Tool ermittelten stimmen sie nicht überein. Apropos SMART-Tool: Dieses meldete eine konstante Temperatur von exakt 30 °C, egal unter welcher Be-

lastung. Ein Thermometer zeigte allerdings höhere Werte.

Der Händler bot uns nach einigem Hin und Her erst die Rückerstattung von 10 Euro an, dann den gesamten Kaufpreis – sofern wir die SSDs noch nicht benutzt hätten. Das erweckte den Eindruck, er wolle die SSDs erneut verkaufen.

Bei den aktuell extrem niedrigen SSD-Preisen liegen zwischen Original und Fälschung oft nur ein paar Euro – allein anhand des Preises lässt sich eine Fälschung also nicht erkennen. Deshalb raten wir davon ab, auf windigen Handelsplattformen nach Billigangeboten zu schauen: Informieren Sie sich lieber in den üblichen Preissuchmaschinen und kaufen Sie Markenware bei seriösen Händlern, auch wenn dies vielleicht fünf Euro mehr kostet.

(ll@ct.de)

Kein Schnäppchen, sondern eine Fälschung: Diese Billig-SSD aus „Chona“ ist nicht nur lahm, sondern hat auch nur einen Bruchteil der versprochenen Kapazität.



Wichtige Firmware-Updates für Samsung-SSDs

Samsung stellt **Firmware-Updates für die Oberklasse-SSDs 980 Pro und 990 Pro** bereit. Besitzer der moderneren 990 Pro mussten in den letzten Wochen einen rapiden Anstieg des Smart-Wertes für den Verschleiß der SSD beobachten. Je nach Nutzung der SSD sank die garantierte Restlebensdauer pro Woche um ein Prozent oder mehr; üblich wäre selbst bei starker Beanspruchung ein Verschleiß um nur wenige Prozent pro Jahr. Ob bereits die aktuelle Version 1B2QJXD7 installiert ist,

zeigen SMART-Tools wie CrystalDiskInfo, siehe ct.de/y7b7.

Auch für die ältere 980 Pro hat Samsung vor Kurzem ein Firmware-Update veröffentlicht. Die Version 5B2QGXA7 behebt einen Fehler, der die SSD in den Nur-Lese-Modus versetzen konnte. Wer die 980 Pro als Startlaufwerk nutzt, könnte sein System in diesem Fall nicht mehr booten – ein Datenverlust wäre jedoch unwahrscheinlich. Wer bereits von dem Problem betroffen ist, muss sich zwecks

Austausch der SSD an seinen Händler wenden.

Die Updates lassen sich am einfachsten über das Windows-Tool Samsung Magician installieren. Nutzer anderer Betriebssysteme müssen die Firmware mithilfe eines bootfähigen USB-Sticks einspielen. Die Tools sind über Samsungs Website erhältlich, siehe ct.de/y7b7.

(ll@ct.de)

SSD-Tools: ct.de/y7b7

Xeon-Prozessoren für starke Workstations

Die Intel Xeon W-3400 mit bis zu 56 CPU-Kernen und acht Speicherkanälen sollen High-End-Workstations befeuern. Fürs mittlere Segment gibt es die abgespeckten Xeon W-2400 mit anderem Chipdesign.

Zu Beginn des Jahres veröffentlichte Intel die Server-CPU's „Sapphire Rapids“ alias Xeon-SP Gen 4, nun folgen die Workstation-Abkömmlinge. Xeon W-3400 und W-2400 richten sich an Profianwender, die große 3D-Renderprojekte berechnen oder wissenschaftliche Simulationen durchführen. Das Spitzenmodell Xeon w9-3495X für die Fassung LGA4677 enthält dafür 56 Kerne, die mit bis zu 4,8 GHz arbeiten. Damit das klappt, spezifiziert Intel die 6600 Euro teure CPU mit 350 Watt Thermal Design Power. In der Spitze darf sie 420 Watt verheizen.

Die Xeon W-3400 mit 12 bis 56 Kernen steuern acht Speicherkanäle für maximal 4 TByte DDR5-RAM an. Um Grafikkarten, Rechenbeschleuniger und NVMe-SSDs anzubinden, rüstet Intel die CPUs mit 112 PCI-Express-5.0-Lanes aus. Damit konkurrieren die Xeon W mit den AMD Ryzen Threadripper Pro WX 5900.

Die Prozessoren der Serie W-3400 bestehen aus vier Compute-Tiles, die über die Verbindungstechnik Embedded Multi Die Interconnect Bridge (EMIB) miteinander kommunizieren. Im Unterschied zu den Server-Pendants der Serie Xeon SP gibt es keinen Multi-Socket-Betrieb und keine Varianten mit integriertem HBM-Stapelspeicher (Xeon Max). Von den in Sapphire Rapids enthaltenen Beschleunigerschaltungen ist lediglich ein Data Streaming Accelerator aktiv, der den Transport und die Verarbeitung großer Datenmengen antreibt.

Für weniger hohe Anforderungen hat Intel die Xeon W-2400 mit 6 bis 24 CPU-Kernen im Programm, die im Unterschied zu den Xeon W-3400 aus einem einzigen (monolithischen) Die bestehen. Sie steuern vier Kanäle für maximal 2 TByte Registered-RAM an und bieten 64 PCIe-5.0-Lanes. Der Einstiegsprozessor Xeon w3-2423 mit sechs Kernen kostet 400 Euro.

Passende Workstation-Mainboards für die neuen Xeons mit W790-Chipsatz bieten Asus, Asrock und Supermicro an. Kühler für die Fassung LGA4677 hat unter anderem Noctua im Programm. Dazu gehören NH-U14S DX-4677, NH-U12S DX-4677, NH-U9 DX-4677 und NH-D9 DX-4677 4U. (chh@ct.de)

Alles, was geht: Das Asus Pro WS W790E-SAGE SE für Xeon W-3400 nimmt sieben PCIe-5.0-x16-Grafikkarten auf.

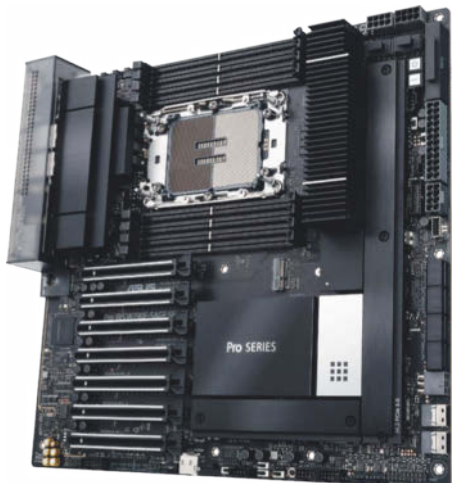


Bild: Asus



744 Seiten · 49,90 €
ISBN 978-3-86490-860-6



2. Auflage · 294 Seiten · in Farbe
34,90 € · ISBN 978-3-86490-881-1

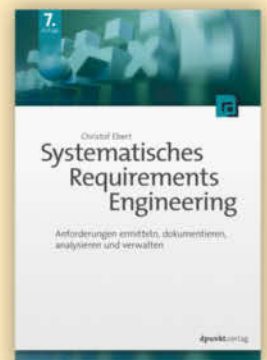


Für das Selbststudium, den Job oder die Vorlesung: Dieses etablierte Handbuch vermittelt die Grundlagen, Methoden und Techniken des Software Engineerings. In der 4. Auflage bringt es umfassend auf den aktuellen Stand der Forschung und Praxis von Softwareentwicklung und -bearbeitung, inkl. neuer Themen wie Schätzung in agilen Projekten, agile Skalierung, Microservices, Domain-Driven Design und automatische Software-Auslieferung. Auch erfahrene Entwickler*innen können ihr Wissen ergänzen und vertiefen.

4. Auflage · 712 Seiten · 49,90 €
ISBN 978-3-86490-598-8



4. Auflage · 238 Seiten · 32,90 €
ISBN 978-3-86490-781-4




7. Auflage · 478 Seiten · 42,90 €
ISBN 978-3-86490-919-1



6. Auflage · 432 Seiten · 59,90 €
ISBN 978-3-86490-955-9



2. Auflage · 468 Seiten · 49,90 €
ISBN 978-3-86490-904-7

 dpunkt.verlag

Bundle up!
Print & E-Book nur auf
www.dpunkt.de

Notebook und Smartphone mit Rolldisplay

Flexible Displays mal anders: Lenovo hat auf dem MWC Barcelona zwei Konzeptgeräte mit rollbaren Displays vorgestellt – ein Notebook und ein Smartphone.

Einen möglichen Termin für den Marktstart hat Lenovo für keines der Geräte veran. Allerdings handelt es sich um funktionsfähige Produkte, die so oder so ähnlich eines Tages auf den Markt kommen dürften.

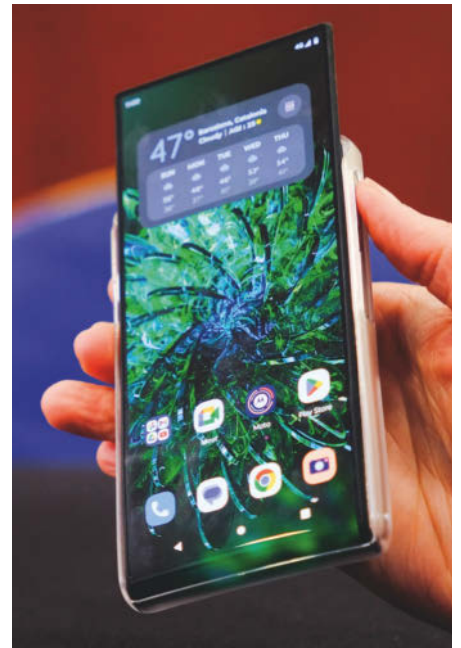
Beim Handy-Prototypen sieht das Display im eingefahrenen Zustand aus wie ein herkömmlicher 5-Zoll-Bildschirm im 15:9-Format. Per Knopfdruck fährt er auf 6,5 Zoll aus und erreicht ein langgezogenes 22:9-Format. Im verkleinerten Zustand verschwindet das Display nicht im Gehäuse, sondern schiebt sich über den unteren Rand auf die Rückseite und fungiert dort dann als kleines Zweitdisplay. Es zeigt eingehende Nachrichten oder die Uhrzeit an – oder dient als Sucher, wenn man die rückwärtige Kamera als Selfiecam

nutzen will. Beim Ausfahren wachsen Apps wie YouTube mit dem Display mit (siehe Video unter ct.de/yfx1). Wie viele Apps darauf vorbereitet sind, verrät Lenovo nicht. Wie häufig sich das Display ein- und ausfahren lässt, ohne Schäden davonzutragen, konnte uns Lenovo ebenfalls nicht beantworten.

Vergleichbare Technik hat Lenovo auch bei einem Notebook-Prototyp gezeigt. Dessen Bildschirm fährt ebenfalls auf Knopfdruck aus, wobei die Diagonale von 12,7 auf 15,3 Zoll wächst. Verkleinert man das Display wieder, verschwindet ein Teil unsichtbar im Gehäuse unter der Tastatur.

Im komplett ausgerollten Zustand hat das Display eine Größe von 15,3 Zoll bei einem Seitenverhältnis von 8:9 und einer Auflösung von 2024 × 2368 Pixeln. Darauf kann man etwa zwei Windows-Fenster im 16:9-Seitenverhältnis übereinander darstellen oder ein Browserfenster hochkant anzeigen. (rbr@ct.de)

Rollable-Prototypen im Video: ct.de/yfx1



Das Lenovo Rollable mit Display im ausgefahrenen Zustand: Das Konzept-Smartphone wirkt schon nah an der Marktreife.

Nokia baut leicht reparierbares Einsteigerhandy

Ein Smartphone, das sich leicht reparieren lässt: Das Nokia G22 von HMD Global fällt auf im Smartphone-Einerlei. Mit einem Preis von 179 Euro ist es im Einsteigersegment angesiedelt. Als Prozessor kommt ein Unisoc T606 zum Einsatz, der auf **maximale 4 GByte Arbeitsspeicher** zugreift. Der interne Speicher ist je nach Modell 64 oder 128 GByte groß und via microSD-



HMD Global bietet für das Nokia G22 günstige Ersatzteile an, ein Display kostet zum Beispiel 50 Euro.

Karte um bis zu 1 TByte erweiterbar. HMD Global verwendet ein 6,52 Zoll großes LCD-Display, die maximale Bildwiederholrate beträgt 90 Hertz.

Von den drei Kameras auf der Rückseite des Nokia G22 verdient nur die Hauptkamera mit 50-Megapixel-Sensor einen näheren Blick, ihr zur Seite stehen lediglich eine Tiefen- und eine Makro-kamera mit jeweils 2 Megapixeln. Der Akku fasst 5000 mAh – mit der Ausstattung unterscheidet sich das G22 kaum vom Vorgänger G21 (Test ab S. 60 in diesem Heft). Zum Start läuft Android 12 auf dem Smartphone, der Hersteller verspricht zwei Jahre lang große Android-Upgrades und will das Modell drei Jahre lang mit monatlichen Sicherheitspatches versorgen.

Bei den Reparaturspezialisten von iFixit gibt es Schritt-für-Schritt-Anleitungen, mit denen Besitzer das Nokia G22 selbst reparieren können. Auch die Ersatzteilpreise stehen bereits fest, sie sind angenehm niedrig: Ein Display kostet 50 Euro, ein Akku 25 Euro, ein USB-Anschluss 20 Euro. (sht@ct.de)

Mit Flüssigkeitskühlung

OnePlus experimentiert mit Flüssigkeitskühlung für Smartphones. Auf dem MWC in Barcelona hat der Konzern eine entsprechende Smartphonestudie vorgestellt: Die teilweise transparente Glasrückseite gibt den Blick frei auf mehrere Kanäle, durch die blaue Kühlflüssigkeit fließt. Die soll wie beim PC die **Abwärme des Prozessors ableiten**, um hitzebedingte Drosselung der Performance zu mindern.

Piezoelektrische Pumpen lassen die Flüssigkeit zirkulieren. Das gesamte Kühlsystem nehme nur 0,2 cm² Raum ein, erklärt der Hersteller. Gut möglich, dass ein so oder ähnlich aufgebautes Kühlsystem künftig in einem fertigen Produkt steckt. (sht@ct.de)



Mit dem Concept 11 zeigt OnePlus ein Smartphone mit Flüssigkeitskühlung.

Notrufe und Textnachrichten über Satellit

Die Bullitt Group macht per Dongle alle Smartphones fit für Satellitenfunk und Chipentwickler Qualcomm präsentiert Partner für seinen Sat-Dienst.

Der Chipentwickler Qualcomm hat sechs Partner für den angekündigten Satellitenfunkdienst Snapdragon Satellite bekanntgegeben: Ausgewählte Smartphones von Honor, Motorola, Nothing, Oppo, Vivo und Xiaomi sollen den Dienst künftig unterstützen – zunächst aber nur solche mit Chips der künftigen Snapdragon 8er-Serie.

Das System ermöglicht Textnachrichten in SMS-Länge und Notrufe. Zur Kommunikation via Satellit braucht es eine eigene App, zudem muss ein kostenpflichtiger Dienst gebucht werden. Bis die ersten Smartphones mit Snapdragon Satellite auf den Markt kommen, wird es noch einige Monate dauern. Das passende Modem wird erst in der zweiten Jahreshälfte in den ersten Prozessoren stecken, erklärt Qualcomm.

Qualcomm Snapdragon Satellite greift auf das Netzwerk von Iridium zu-

rück. Dessen 66 Satelliten sind im Low Earth Orbit (LEO) auf einer Höhe von etwa 780 Kilometern verteilt und gewährleisten eine weltweite Abdeckung. Um Kontakt zum nächstgelegenen Satelliten aufzunehmen, muss das Smartphone in die richtige Richtung zeigen, beim Ausrichten hilft die App.

Die Bullitt Group hat mit dem Cat S75 bereits ihr erstes Smartphone mit Satellitenfunk vorgestellt. Das NTN-Modem (Non-Terrestrial Network), das Bullitt gemeinsam mit MediaTek entwickelt hat, versetzt das Cat S75 in die Lage, mit geostationären Satelliten in größerer Höhe zu kommunizieren. Ein genaues Ausrichten ist nicht erforderlich. Außer Notrufen sind normale Textnachrichten möglich. Kommuniziert wird über eine App namens Bullitt Satellite Connect. Im normalen Datennetz sind die Nachrichten darüber gratis, via Satellit kostenpflichtig.

Das ebenfalls von der Bullitt Group vorgestellte Motorola Defy Satellite Link – Motorola verleiht seinen Markennamen für die Defy-Serie seit einigen Jahren an die Bullitt Group – ist ein Zusatzmodem,

Der Motorola-Defy-Dongle macht alle Smartphones fit für Satellitenfunk.



Bild: Bullitt

das sich per Bluetooth mit jedem Android-Smartphone ab Android 10 und allen iPhones mit iOS 14 oder neuer koppelt. So können diese Geräte ebenfalls über Satelliten kommunizieren und Bullitt Satellite Connect nutzen.

Das Cat S75 kostet 599 Euro, darin enthalten sind drei Monate des kleinsten Messaging-Abos für rund 30 Satellitennachrichten im Monat. Danach kostet der Dienst 5 Euro pro Monat. Der Motorola Defy Satellite Link kostet ohne Nachrichtentarif 119 Euro, mit einem Jahresabo für 30 Nachrichten monatlich verlangt der Hersteller 169 Euro. (sht@ct.de)

Smartphone mit Leica-Kamera und 1-Zoll-Sensor

Erstmals stecken in Xiaomi-Smartphones für den deutschen Markt Kameras, die in Kooperation mit Leica entstanden sind. Zuvor wurden diese Modelle nur in China verkauft.

Im Xiaomi 13 Pro hat der Hersteller **drei 50-Megapixel-Kameras** untergebracht. Für die Hauptkamera greift er auf den IMX989 zurück, ein für Smartphone-Verhältnisse ungewöhnlich großer Typ-1-Zoll-Sensor. Leica wirkt vor allem an den Linsen und der Aufbereitung der RAW-Dateien mit. Außerdem sollen Filter in der App den Look bestimmter Leica-Objektive imitieren. Die Hauptkamera schießt Fotos mit einer Brennweite von 23 Millimetern (Blende f/1,9) im Kleinbildäquivalent. Ergänzt wird sie von einem 14-Millimeter-Ultraweitwinkelobjektiv (f/2,2) und einer 75-Millimeter-Teleoptik (f/2,0), für die Xiaomi ebenfalls auf 50-Megapixel-Sensoren zurückgreift.

Das technisch reduzierte Xiaomi 13 schießt Fotos in denselben drei Brennweiten wie das Pro-Modell. Für die Hauptkamera verwendet Xiaomi aller-

dings einen kleineren Sensor (1/1,49 Zoll). Ultraweitwinkel- und Telekamera sind mit 12- respektive 10-Megapixel-Sensoren ausgestattet. Die jeweiligen Sensorgrößen von Ultraweitwinkel- und Telekamera der beiden Modelle verriet Xiaomi nicht.

Xiaomi bestückt beide Geräte mit 120-Hertz-OLED-Bildschirmen und Qualcomms Top-SoC Snapdragon 8 Gen 2. Nach Deutschland kommen die Geräte mit jeweils einer Speicherausstattung: das Pro mit 12/256 GByte, das Nicht-Pro mit 8/256

GByte. Der Akku des Pro ist etwas größer (4820 mAh gegenüber 4500 mAh) und lädt zudem schneller am Netzteil (120 Watt versus 67 Watt). Kabellos lassen sich beide mit maximal 50 Watt laden. Die Gehäuse sind gemäß IP68 gegen Wasser und Staub abgedichtet.

Xiaomi verspricht für beide Modelle drei Upgrades auf neue Android-Versionen und fünf Jahre Sicherheitspatches. In den Handel kommen die Smartphones mit der Android-Version 13. Das Pro kostet 1300, das reguläre 1000 Euro. (rbr@ct.de)



Die Kameras von Xiaomi 13 und Xiaomi 13 Pro hat der Hersteller in Zusammenarbeit mit Leica entwickelt.

Raspi Pico W lernt Bluetooth

Beim Mitte 2022 vorgestellten Mikrocontrollerboard Raspberry Pi Pico lag die Bluetooth-Hardware bisher brach. Das Software Development Kit 1.5.0 aktiviert sie.

Auf dem 2021 vorgestellten Platinchen Raspberry Pi Pico sitzt der von der Raspberry Pi Foundation selbst entwickelte Mikrocontroller RP2040. Später kam der Pico W mit dem WLAN- und Bluetooth-Modul Infineon CYW43439. Dessen Bluetooth-(BT-)Teil ist nun mit dem Software Development Kit (SDK) 1.5.0 nutzbar; die BT-5.2-Unterstützung inklusive Bluetooth Low Energy (BLE) befindet sich aber noch in der Betaphase. Das SDK gibt es bei GitHub zum Download mit einigen Demoprogrammen in C und C++.

Mit dem SDK 1.5 und einem Pico W kann man beispielsweise drahtlose Peripheriegeräte für den PC basteln, etwa eine Funktastatur. Die im SDK 1.5.0 verwendete BT-Implementierung von BTStack kommt mit wenig Speicher aus und stellt Funktionen wie BT Low Complexity Sub

Band Codec (SBC) und BT Network Encapsulation Protocol (BNEP) bereit.

Mit der A2DP-Sink-Demo empfängt der Raspi Pico Audiodaten per BT; im Prinzip kann er sie auch per GPIO-Ausgang an einen I2S-Soundchip weitergeben. Dafür gibt es etwa die „Pico Audio“-Platine mit dem TI-DAC PCM5100A und einem Kopfhörerverstärker.

Es gibt bereits RP2040-Boards mit Bluetooth-tauglichen WLAN-Modulen, etwa das Arduino Nano RP2040 Connect mit dem U-Blox Nina W102, in dem ein Espressif ESP32 steckt. Das Nano RP2040 Connect kostet mit 22 Euro allerdings etwa das Dreifache des ab 7,20 Euro erhältlichen Raspi Pico W.

(ciw@ct.de)

Das WLAN-Modul des Raspberry Pi Pico W (unter der Metallkappe) funkt mit dem SDK 1.0 auch per Bluetooth.

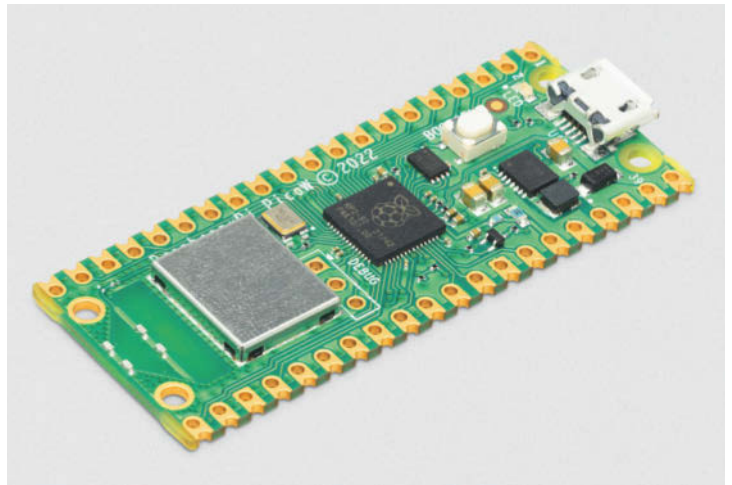


Bild: Raspberry Pi Ltd.

Pico-Debugger und UART-Adapter

Die Raspberry Pi Foundation hat aus dem Raspi Pico einen **Debugging-Adapter zur Fehlersuche bei ARM-Mikrocontrollern** gebaut, der auch als USB-Seriell- beziehungsweise USB-UART-Adapter funktioniert. Der für rund 13 Euro erhältliche Raspberry Pi Debug Probe ist im Grunde selbst ein Raspi Pico mit dem Mikrocontroller RP2040. Mit der offenen Firmware für den Debug Probe kann man also auch einen herkömmlichen Raspi Pico in einen Debugging-Adapter verwandeln. Der Raspi Debug Probe hat allerdings zwei komfortable Steckanschlüsse für drei mitgelieferte Kabel.

Als Debugging-Adapter koppelt der Debug Probe den „Serial Wire Debug“- (SWD-)Port des Pico per USB mit einem Computer. Dieser SWD-Port erschließt die CoreSight-Schnittstelle des ARM Cortex-M0+ im RP2040 nach dem Standard CMSIS-DAP. Zum Debugging unter Linux dient beispielsweise OpenOCD.

Über das SWD-Interface kann man zudem Firmware vom PC auf den Pico

schreiben. Schließlich funktioniert der Debug Probe alternativ auch als universeller USB-Seriell-Adapter, um solche mit Chips etwa von FTDI (FT232) oder Nanjing Qinheng (CH340) zu ersetzen.

(ciw@ct.de)

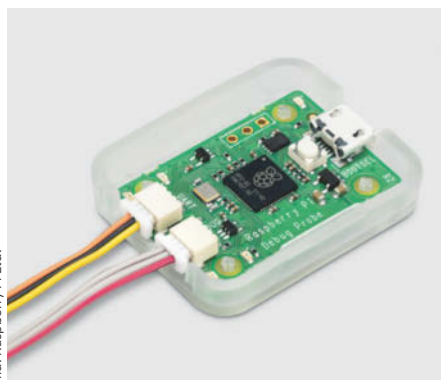


Bild: Raspberry Pi Ltd.

Der Raspberry Pi Debug Probe ist beispielsweise zum Debugging eines Raspi Pico mit RP2040-Mikrocontroller nutzbar und arbeitet selbst mit einem RP2040.

Windows 10 IoT auf NXP-Chips

Entwickler können auf einigen Systems-on-Chip von NXP mit ARM-Rechenkernen nun auch **das Microsoft-Betriebssystem Windows 10 IoT Enterprise** installieren. Dabei läuft unter anderem eine UEFI-Firmware. NXP stellt Board Support Packages (BSPs) für Chips der Baureihen i.MX 8X und i.MX 8M mit ARM-Kernen der Typen Cortex-A53 und -A35 bereit. Enthalten ist auch ein DirectX-Treiber für die Embedded-GPU Verisilicon GC7000Lite.

Windows 10 IoT läuft beispielsweise in manchen Messgeräten, in digitalen Anzeigetafeln (Digital Signage), in Kiosk-Systemen, Geld- und Verkaufsautomaten. Das Betriebssystem enthält Funktionen zum Anbinden solcher Geräte an die Microsoft-Cloud Azure. Außerdem gibt es eine große Auswahl an Windows-Software. Der Hersteller Peak-Systems kündigt Windows-ARM-Treiber für einige seiner USB-Adapter für CAN- und LIN-Bus an.

(ciw@ct.de)

Rechtssichere E-Mail-Archivierung made in Germany

Einfach. Zuverlässig. Weltweit erprobt.

MailStore Server

bietet GoBD-konforme E-Mail-Archivierung für kleine und mittelständische Unternehmen und hilft bei der Einhaltung der EU-DSGVO.



Warum E-Mail-Archivierung?

- Langfristige, manipulationssichere Aufbewahrung geschäftskritischer Kommunikation
- Ständige Verfügbarkeit und Wieder auffindbarkeit von E-Mails für alle Anwender
- Ideale Ergänzung zu einer Backup-Lösung

Ihre Vorteile

- Schutz vor Datenverlusten
- Schnelle Suche über E-Mails und Dateianhänge
- Verschlüsselte Speicherung und Compliance-Funktionen
- Nahtlose Integration in Microsoft Outlook
- Unabhängigkeit von PST-Dateien
- Regelmäßig unabhängig zertifiziert



**Kostenlose
30-Tage-
Testversion**

Mehr Informationen auf www.mailstore.com/de oder direkt unter 02162-502990.

MailStore Software GmbH · Clörather Str. 1-3 · 41748 Viersen, Deutschland
Telefon: +49 (0)2162 - 502990 · E-Mail: sales@mailstore.com · www.mailstore.com

Die Experten für E-Mail Archivierung

**MAIL
STORE®**
by opentext™

Von Videostreaming zu all-inclusive

RTL+ teurer und mit neuem Familientarif

Eine Reihe von Streamingdiensten sind in den vergangenen Monaten – teils erheblich – teurer geworden. Nun hat auch RTL+ den Preis angezogen und parallel einen Familientarif eingeführt. Aber das dürfte nur ein Zwischenschritt zu einem kommenden All-inclusive-Angebot sein. Netflix macht währenddessen seine Abos in einigen Ländern billiger.

Von Nico Juran

Seit dem 1. März kostet der Videostreamingdienst RTL+ im wohl beliebtesten „Premium“-Tarif 6,99 statt 4,99 Euro pro Monat – eine Steigerung von sattem 40 Prozent. Damit folgt RTL+ dem Trend: Zuvor erhöhten unter anderen bereits Amazon Prime Video, Apple TV+ und DAZN die Preise für Kunden in Deutschland (siehe c't 3/2023, S. 52).

Mit dem Premiumabo hat man bei RTL+ wie bisher Zugriff auf alle Inhalte der Sendergruppe in HD-Auflösung sowie auf 14 TV-Sender. Werbung, die hier vor den Abruftiteln abgespielt wird, ist weiterhin auf maximal eine Minute begrenzt. Mit der Preiserhöhung ist jedoch eine Downloadfunktion hinzugekommen, um Inhalte später offline auf einem Mobilgerät anzuschauen. Zudem kann man auch Filme und Serien im Original schauen. Dafür musste man bislang den „Max“-Tarif buchen.

Dessen Preis bleibt unverändert bei 12,99 Euro. Für das Geld sind zwei parallele Streams in HD sowie besagte Downloadfunktion enthalten, zudem bekommt der Zuschauer keine zusätzliche Werbung vorgesetzt (siehe Tabelle).

Da RTL+ und Deezer seit August vergangenen Jahres kooperieren, haben Abonnenten von RTL+ Max zudem Zugriff auf alle 90 Millionen Titel des Musikstreamingdienstes – über die App „RTL+ Musik“. Mit dem neuen Tarifmodell erweitert RTL das Angebot zudem um den kompletten Hörbuch- und Hörspielkatalog von Deezer, der rund 90.000 Titel umfasst.

Crossmediales Angebot

Schließlich gibt es noch einen neuen Tarif: Das sogenannte „Family“-Paket entspricht inhaltlich dem Max-Abo mit Zugriff auf HD-Videostreams und Musikstreams, bietet aber gegenüber dem Premiumabo nicht nur zwei parallele TV- und einen Musikstream, sondern derer jeweils vier. Dafür werden monatlich 18,99 Euro fällig.

Laut dem Medienportal DWDL investierte RTL im vergangenen Jahr 190 Euro Millionen Euro in RTL+. Diese Summe verbuche das Unternehmen als Anlaufverlust und peile nach wie vor einen Break-even des Streamingdienstes vor 2026 an.

Nachdem der Streamingdienst bereits um Musik, Hörbücher und Podcasts erweitert wurde, dürfte die RTL-Gruppe RTL+ künftig zu einem noch breiteren Medienangebot ausbauen. Nach internen Angaben geht es dabei in Richtung Nachrichten und Magazine – und zwar nicht nur in Form von Videos, sondern auch mit Text. Hintergrund ist die letztjährige Übernahme des Verlagshauses Gruner + Jahr. Aktuell führt RTL die Redaktionen von Stern, Geo, Capital und anderen G+J-Titeln mit TV-Redaktionen zusammen. Sie sollen unter dem Namen „Stern+“ ein gemeinsames Bezahlangebot aufbauen, das am Ende auch unter RTL+ zu finden sein dürfte.

Netflix gegen den Trend

Während RTL+ mit der Preiserhöhung dem Trend folgt, hat Netflix in über 30 Ländern die Gegenrichtung eingeschlagen und seine Preise gesenkt – in manchen Staaten um mehr als die Hälfte. Während die Preissenkungen überwiegend Länder in Afrika, Lateinamerika, Asien und im Nahen Osten betreffen, wird der Streamingdienst auch in Südosteuropa günstiger, etwa in Kroatien, Slowenien und Bulgarien. Eine entsprechende Ankündigung für Deutschland gab es bis zum Redaktionsschluss nicht.

Netflix blieb eine Erklärung für diesen Schritt schuldig. Einige Experten spekulieren nun, ob der Dienst so Abwanderungstendenzen zuvorkommen will, die Netflix' Vorgehen gegen die Weitergabe von Zugangsdaten auslösen (siehe c't 6/2023, S. 56). (nij@ct.de) **ct**

Tarife bei RTL+ seit 1. März

Abo	Free	Premium	Max	Family
komplettes Videoangebot	– (–)	✓ (✓)	✓ (✓)	✓
Inhalte vor TV-Ausstrahlung	– (–)	✓ (✓)	✓ (✓)	✓
Inhalte nach TV-Ausstrahlung	✓ (✓)	✓ (✓)	✓ (✓)	✓
Originalversionen	– (–)	✓ (–)	✓ (✓)	✓
werbefrei	– (–)	max. 1 Min. (max. 1 Min.)	✓ (✓)	✓
TV-Sender im Livestream	– (–)	14 (14)	14 (14)	14
Videoqualität	SD (SD)	HD (HD)	HD (HD)	HD
max. parallele Streams	1 (1)	1 (1)	2 (2)	4
Downloadfunktion	– (–)	✓ (–)	✓ (✓)	✓
RTL+ Musik				
Musikstreams von Deezer	– (–)	– (–)	✓ (✓)	✓
Hörbücher von Deezer	– (–)	– (–)	✓ (✓)	✓
werbefrei	– (–)	– (–)	✓ (✓)	✓
RTL-Radiostreams	✓ (✓)	✓ (✓)	✓ (✓)	✓
exklusive Podcasts	✓ (✓)	✓ (✓)	✓ (✓)	✓
max. parallele Streams	1 (1)	1 (1)	1 (1)	4
Downloadfunktion	– (–)	– (–)	✓ (✓)	✓
Preis	0,00 € (0,00 €)	6,99 € (4,99 €)	12,99 € (12,99 €)	18,99 € (–)
✓ enthalten – nicht enthalten Angaben in Klammern beschreiben den Umfang vor der Tarifänderung.				

Statt erneutem Download: Steam transferiert Spiele übers Heimnetz

Eine neue Funktion im Steam-Beta-Client kann bereits heruntergeladene Spieldateien über das Netzwerk auf ein anderes Gerät kopieren. Erneute Downloads entfallen damit.

Wer ein bereits auf dem Gaming-PC installiertes Spiel auch auf dem Steam Deck spielen möchte, muss es nicht erneut herunterladen, sondern kann es mit dem Steam-Beta-Client übers eigene Netzwerk transferieren. Das funktioniert auch zwischen verschiedenen Spiele-PCs. Bei kleinen Indie-Games mag diese Funktion nicht ins Gewicht fallen, bei vielen AAA-Titeln allerdings schon: Der Download eines solchen Spiels umfasst nicht selten 50 GByte und mehr. Das belastet die Internetleitung und kostet auch bei guten Verbindungen einige Zeit. Erfahrungsgemäß dauert es nicht lang, bis Funktionen aus Betaversionen ihren Weg in den stabilen Steam-Client finden.

Der Steam-Client sucht beim Start bereits jetzt nach anderen Geräten mit Steam im Netzwerk. Wird er fündig, bietet Steam an, dort installierte Spiele über das Netzwerk zu streamen. Künftig wird Steam vor einem Download prüfen, ob dieser bereits auf einem Gerät im Netzwerk vorliegt. In den Einstellungen lässt sich festlegen, von welchen Geräten Steam Downloads akzeptiert. Entscheidend ist, welcher Account dort angemeldet ist. Wahlweise lädt Steam also nur von Geräten mit dem eigenen Account herunter, von Steam-Freunden oder von allen. Dateien können nur übertragen werden, wenn die Einstellungen das zulassen, beide Clients im Desktopmodus sind und weder im Spiel sind, noch gerade etwas heruntergeladen. Diese Einschränkung sorgt dafür, dass keine Dateien von einem Steam Deck im Game-Modus heruntergeladen werden können. (lmd@ct.de)

Kurz & knapp

Neu bei c't zockt: In unserem Indie-Gaming-YouTube-Kanal c't zockt haben wir **SEASON – A letter to the future** angespielt (siehe ct.de/yg9d). Im Spiel des kanadischen Studios Scavengers radelt die junge Estelle durch die Welt, und dokumentiert das zu Ende gehende



Zeitalter mit Fotos, Tonaufnahmen und Notizen für die Nachwelt. Das Indie-Game gibt es auf Steam für Windows, im Video läuft es mit Proton unter Linux.

In der **Ausstellung „Never Alone – Video Games and Other Interactive Design“** stellt das New Yorker Museum of Modern Art (MOMA) auch 35 Videospiele aus. Unter den ausgewählten Titeln sind Klassiker wie Pac-Man und Tetris, aber auch das Antikriegsspiel This War of Mine oder der Puzzle-Platformer Never Alone, der die Geschichte eines Inupiat-Mädchens erzählt.

Die **Raketenbausimulation Kerbal Space Program 2** ist in die Early-Access-Phase gestartet. Für rund 50 Euro ist das Spiel auf Steam und im Epic Games Store erhältlich. Der Nachfolger des über fünf Millionen Mal verkauften Kerbal Space Program verspricht unter anderem hunderte neue und verbesserte Teile, ein optimiertes Tutorial und moderne Grafik.

Das erfolgreiche **Action-Rollenspiel Elden Ring** soll ein erstes Story-Update mit dem Titel **Shadow of the Erdtree** erhalten. Einen Veröffentlichungstermin gibt es noch nicht. Das im Februar 2022 erschienene Elden Ring von FromSoftware wurde weltweit bereits über 20 Millionen Mal verkauft und bei den Game Awards 2022 zum „Game of the Year“ gekürt.



Der Steam-Beta-Client kann Spieldateien von anderen Geräten im Netzwerk kopieren.

MarioGPT: Künstliche Intelligenz generiert Super-Mario-Level

Die KI „MarioGPT“ kann neue Level für Super-Mario-Spiele entwickeln. Die KI nutzt GPT-2 und braucht dafür lediglich eine Textanweisung. Eine Forschungsgruppe der IT-Universität Kopenhagen hat Level aus Super Mario Bros. und Super Mario Bros.: The Lost Levels in eine Art Text umgewandelt, die an ASCII-Kunst erinnert. Damit hat sie den KI-Textgenerator GPT-2 trainiert. Die so entstandene KI „MarioGPT“ kann aus einer Texteingabe neue Level zusammenstellen.

Noch sei die Technik nicht perfekt, aber es handle sich um einen großen ers-

ten Schritt hin zu einem kontrollierbaren Generieren von abwechslungsreichen Leveln für Videospiele. Wer es selbst ausprobieren will, kann die Software auf GitHub kostenlos herunterladen. Wie das Team bei diesem Forschungsvorhaben vorgegangen ist und wie MarioGPT funktioniert, lässt sich in der ebenfalls frei verfügbaren wissenschaftlichen Veröffentlichung nachlesen (beide Links siehe ct.de/yg9d).

Download & Infos zu MarioGPT:
ct.de/yg9d

Grüne Rechenzentren

SDC: Neues Nachhaltigkeitszertifikat des TÜV Rheinland

Große Rechenzentren sind für das Internet unerlässlich – verbrauchen aber auch extrem viele Ressourcen. Das SDC-Zertifikat des TÜV Rheinland soll Betreibern und Kunden eine Einordnung der Nachhaltigkeit ähnlich der Energieeffizienzklassen für Elektrogroßgeräte erlauben.

Von Marie-Claire Koch
und Andrijan Möcker

Rechenzentren sind energiehungrig: Laut einer Bitkom-Studie von 2021 benötigten deutsche Rechenzentren 2020 rund 16 Terawattstunden elektrischer Energie, also 16 Milliarden Kilowattstunden. Legt man den durchschnittlichen deutschen Strommix zugrunde, hat deren Erzeugung rund 6 Millionen Tonnen CO₂ ausgestoßen. Geht es nach dem Entwurf des Energieeffizienzgesetzes, sollen deutsche Rechenzentren bis 2027 klimaneutral werden.

Besonders tiefgreifende Zertifizierungen mit Kategorisierung für die Nachhaltigkeit von Rechenzentren fehlten jedoch bis zuletzt. Der TÜV möchte das mit dem neuen Sustainable-Data-Center-Zertifikat (SDC-Zertifikat) ändern, das nicht nur eine Art Siegel vergibt, sondern Rechenzentren in Energieeffizienzklassen von A (sehr gut) bis G kategorisiert. Der

Prüfdienstleister hat das SDC-Zertifikat in Zusammenarbeit mit der Beratungsfirma High Knowledge entwickelt, die sich auf emissionsfreie und modulare Rechenzentren spezialisiert hat. Wir haben mit dem TÜV Rheinland und High Knowledge über die neue Zertifizierung gesprochen.

Prüfung in fünf Bereichen

Betreiber, die ein SDC-Zertifikat möchten, müssen sich laut TÜV Rheinland einem umfangreichen Audit unterziehen: Zunächst wird der Standort des Rechenzentrums untersucht. Dazu gehören beispielsweise die Bauweise, Baustoffe, der Baugrund, auf dem das Rechenzentrum errichtet wurde, und ob der Betreiber bereits eine Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt.

Danach inspizieren die Prüfer eingesetzte Informations- und Kommunikationstechnik – zum Beispiel die Energieeffizienz der IT-Komponenten und Anwendungen. Wie viel elektrische Energie für wie viel Rechenleistung aufgewendet wird, spielt eine entscheidende Rolle. Wer etwa alte, ineffiziente Server einsetzt, bekommt hier weniger Punkte.

Ein dritter Teil befasst sich mit der Elektro- und Klimatechnik: unter anderem mit der Leistungsaufnahme, der Bauart der Kühltechnik sowie deren Effizienz und Energieverteilung. Da beim Rechenzentrumsbetrieb viel Abwärme entsteht, spielt auch deren weitere Nutzung eine Rolle: Bläst der Betreiber die warme Luft einfach nach außen oder heizt er damit Büros und Frischwasser? Auch der Verbrauch von Wasser für den Rechenzentrumsbetrieb

– etwa zur Kühlung – spielt für das Zertifikat eine Rolle.

Weiter will der TÜV Rheinland auch auf Dinge achten, die zunächst banal erscheinen mögen – etwa die Abfallvermeidung und den Arbeitsweg der Mitarbeiter beziehungsweise deren Möglichkeiten, diesen klimafreundlicher zu gestalten. Punkte gibt es etwa für ein Jobticket oder ein dienstliches E-Bike.

Das SDC-Zertifikat ist drei Jahre gültig und kostet ungefähr einen kleineren fünfstelligen Betrag. Zur Aufrechterhaltung muss jährlich ein erneutes Audit stattfinden.

Punktet das Rechenzentrum im Audit ausreichend, bekommt der Betreiber das Zertifikat sowie einen Nachhaltigkeitspass und ein Label, das er auf seiner Website präsentieren darf – ähnlich dem Energie-label für Elektrogeräte. Ein Rechenzentrum des IT-Dienstleisters Akquinet hat als erstes das SDC-Zertifikat erhalten und die Klasse B erreicht.

Alte Idee, neuer Plan

Die Grundidee des TÜV Rheinland ist nicht neu: Das deutsche Umweltbundesamt und auch sein österreichisches Pendant BMK verteilen bereits seit Längerem Siegel für den umweltfreundlichen und nachhaltigen Rechenzentrumsbetrieb. Jedoch kennen diese Siegel keine Klassen und sind laut TÜV – ein detailliertes Dokument hat der Prüfdienstleister noch nicht veröffentlicht – oberflächlicher als das SDC-Zertifikat.

Der Zertifizierer schätzt, dass sich aufgrund der neuen Regularien zeitnah 20 bis 30 Prozent der Rechenzentrumsbetreiber für das Zertifikat interessieren werden. Außerdem sollen die Richtlinien des SDC-Zertifikats bei Ausschreibungen von Neubauten als Maßgabe dienen können.

(amo@ct.de) 

Literatur

- [1] Christof Windeck, Christian Wölbert, WWWärme, Abwärme aus Rechenzentren: klimafreundliche Heizung der Zukunft?, c't 3/2022, S. 122
- [2] Christof Windeck, Energiesparvorgaben für Rechenzentren, c't 25/2022, S. 46

Nachhaltigkeit mit System - Auszug aus dem Standard -

1	Allgemeines / Standort	<ul style="list-style-type: none"> Wird eine Nachhaltigkeitsstrategie (Environmental, Social und Governance) umgesetzt. Errichtung und Bauweise. Boden und Biodiversität
2	Informations- und Kommunikationstechnik	<ul style="list-style-type: none"> Management-Systeme und Hardware-Effektivität. Energieeffizienz von IT-Komponenten und Applikationen. Erfassung und Auswertung der IT-Last (ITEUSV).
3	Elektrotechnik / Klimatechnik	<ul style="list-style-type: none"> Aktuelle Leistungsbilanz (Gesamtleistung, Leistung IT etc.). Bauart der Kältetechnik / Effizienz des Kühlsystems. Flächeneffizienz und Energieverteilung.
4	Energie / Abwärme	<ul style="list-style-type: none"> Gesamtenergiebedarf und regenerative Energien. Energieeinsparung und Wiederverwendung der zugeführten Energie. Abwärmepotential und -Nutzung.
5	Wasser / THG - Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> Standort und Wasserressourcen. Klimaschutz und CO₂-Management. Qualität und Prozessmanagement.

Der vom TÜV Rheinland veröffentlichte Auszug führt grob auf, welche Punkte in den fünf Bereichen bei einem Audit geprüft werden. Eine umfangreiche Liste bekommen Unternehmen, die das Zertifikat erhalten wollen.



Kein Zutritt für Lösegeld-Erpresser & andere Bösewichte!

Geben Sie Ransomware keine Chance - machen Sie Ihre Daten unveränderlich.

Nicht nur Backup-Daten müssen unveränderlich sein, damit sie weder verschlüsselt noch gelöscht oder verändert werden können.

Yowie® Appliances powered by Cloudian® Hyperstore verfügen auch über die preisgekrönte S3 Object Lock-Funktion, ganz ohne Zusatzkosten.



**Schlüsselfertige
Komplettlösungen**
der Enterprise Klasse für
Datenmengen ab 2TB



**Volle Flexibilität
ohne Kompromisse**
vor Ort und in der Cloud



**Unveränderlicher
Objektspeicher**
Wir setzen für Sie neue
Sicherheitsmaßstäbe



**Ihre Daten
sind es wert**
auch für kleine Budgets

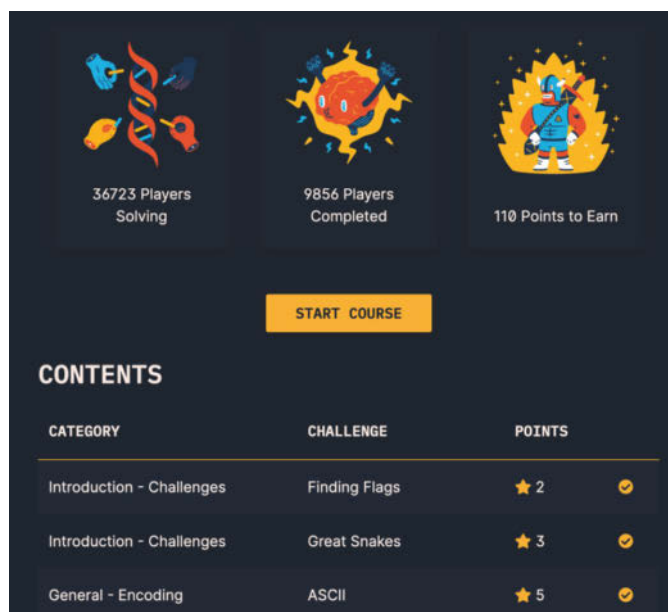


**Schnell
einsatzbereit**
in weniger als 30 Minuten

Kryptografierätsel

cryptohack.org

Auf der englischsprachigen Seite **cryptohack** finden Krypto-Puzzler eine bunte Sammlung von über 200 Knobelaufgaben. Diese sind in Kategorien wie elliptische Kurven, Hash-Funktionen, RSA und Mathematik unterteilt. Wer einen sanfteren Einstieg bevorzugt, beschäftigt sich vorher mit einem der zahlreichen Kurse. Um ein Gefühl für die Rätsel zu bekommen, empfehlen wir zuerst den Kurs „Introduction“ durchzuarbeiten. Dort lernt man Verschlüsselungsbasics wie XOR und den typischen Aufbau der Rätsel kennen.

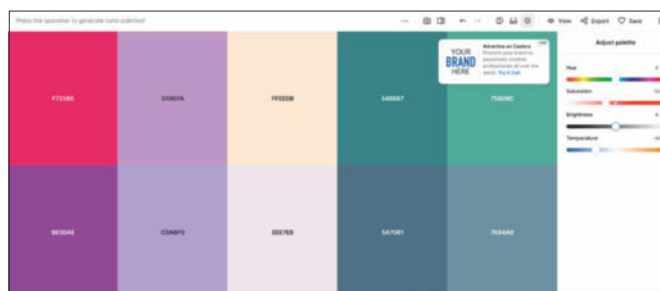


Viele der fortgeschrittenen Aufgaben bestehen aus fehlerhaften Implementierungen kryptografischer Verfahren und sind in Python-Code verpackt. Für jedes gelöste Rätsel gibt es ein paar Punkte, die den Account in der Rangliste nach oben schieben. Hat man alle Rätsel durchgearbeitet, kann man mit Recht behaupten, fundiertes Wissen in Sachen Kryptografie zu besitzen. Die Registrierung läuft übrigens anders ab als gewohnt: Die Website erwartet neben Nutzernamen, Passwort und E-Mail-Adresse die Lösung zu einer kleinen Chiffre. Den Klartext und das Verfahren möchten wir an der Stelle nicht verraten – Cäsar könnte uns dafür auf die Finger klopfen. (wid@ct.de)

Farbwähler

coolors.co

Egal, ob man eine neue Website gestalten oder ein Logo für die neu gegründete Band basteln will, im Idealfall verwendet man aufeinander abgestimmte Farben. Für alle, die sich unsicher fühlen, die richtige Komposition zu finden, gibt es nützliche Hilfsmittel. **Coolors.co** ist so eins. Man kann sofort loslegen. Einen Account benötigt man vor allem, um seine Farbwahl zu speichern. In der kostenlosen Version sichert man bis zu zehn



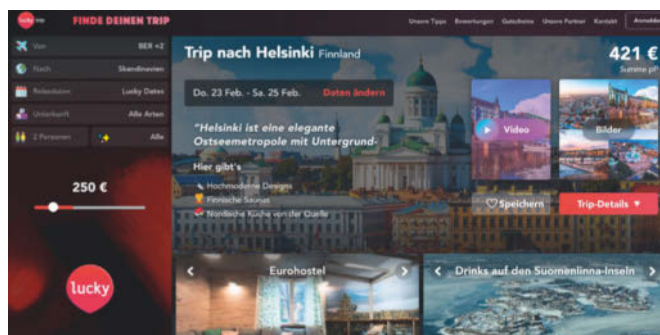
Farbpaletten, in der Pro-Version (5 Euro pro Monat oder 36 Euro pro Jahr) entfällt diese Beschränkung, außerdem verschwindet die Werbung.

Auf Wunsch schlägt der Generator zufällige Farbkombinationen vor. Falls nur einzelne Farben gefallen, pinnt man diese an und wiederholt das Spiel, bis das Ergebnis stimmig wirkt. Alternativ kann man sich von fertigen Paletten inspirieren lassen. Mit Farbtemperatur, Sättigung und Kontrast experimentiert man ebenfalls, um alternative Farbtöne zu den Ausgangsfarben zu erhalten. Ein Farbfehlsichtigkeits- und ein Kontrastcheck runden das Angebot ab. (abr@ct.de)

Überraschungsreise

luckytrip.co.uk

Vor der nächsten Reise steht die Planung: Wo schlafen, was unternehmen, wohin überhaupt? **LuckyTrip** will die Arbeit erleichtern. Das Portal ist quasi die digitale Version einer Landkarte, auf die man einen Dartpfeil wirft – nur mit mehr Informationen. Zunächst legt man die infrage kommenden Flughäfen fest, bestimmt auf Wunsch Budget, Regionen, Zeiträume und vieles mehr – umweltfreundlichere Anreisemöglichkeiten stehen leider nicht zur Wahl. Ein Klick auf den „Lucky“-Button startet den Zufallsgenerator. Gefällt die erwürfelte Unterkunft nicht, klickt man sich durch weitere Vorschläge. Diverse Ideen, was man vor Ort unternehmen könnte, liefert die Website gleich mit.



Letztlich möchte LuckyTrip vor allem Geld verdienen und bietet an, die gewünschte Kombination aus Flug und Unterkunft direkt zu buchen. Die Seite taugt aber auch, um sich inspirieren zu lassen und sich an grauen Spätwintertagen in den nächsten Urlaub zu träumen. Frei nach dem Motto: Vorfriede ist doch die schönste Freude. (abr@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/yz34



VOM BOARDNETZ ZUR DIGITALEN MEDIZINTECHNIK

„An innovativen Technologien arbeiten und sich immer wieder in neuen Disziplinen beweisen – das ist es, was mir am täglichen Arbeiten Spaß macht. Bei ITK Engineering habe ich 2019 in der Automotive-Produktentwicklung begonnen, wo es um die Auslegung und Inbetriebnahme eines knapp 1.000-Ampere starken DCDC-Wandlers ging. Ein sehr spannendes Feld, werden doch E/E-Architekturen immer komplexer, gerade für autonomes oder hochautomatisiertes Fahren.“

„Heute bin ich in einer anderen Ecke unterwegs, nämlich in der Medizintechnik. Wir entwickeln und validieren Software und die nötigen Plattformen, damit Medizingeräte noch mehr von der Digitalisierung profitieren. Mein Schwerpunkt aktuell ist die Connectivity: wie gelingt es, dass Plattformen beispielsweise LTE- oder bluetooth-fähig werden? Wie müssen Controller, Motortreiber und Stromversorgung ausgelegt sein? Was ich kommenden Jahr bei ITK Engineering mache, wird sich zeigen. Vielleicht schaue ich mir was ganz Neues an – das liegt ganz an mir. Genau das schätze ich an meiner Arbeit!“

Du willst künftig mit Florian gemeinsam die digitale Welt von morgen gestalten? Dann lohnt sich ein Blick auf unsere offenen Stellen in den Bereichen Software Engineering, Embedded Systems, Cloud Computing, künstliche Intelligenz oder Cybersecurity. Besuche uns auf **www.itk-karriere.de**!

Gasgespenst

E.ON jubelt Unbeteiligtem einen Gasanschluss unter



Von Energieversorgern erwartet man eine gewisse Sorgfalt beim Umgang mit Anschlussdaten in ihrem Versorgungsgebiet. Das Unternehmen E.ON wird dieser Verantwortung offenbar nicht gerecht.

Von Tim Gerber

Mitte September trat bei Bernd S. eine ganz persönliche Energiewende ein: erstmals in seinem Leben erhielt er Post von E.ON. „Wichtige Informationen zu Ihrem Erdgasvertrag“, stand fett über dem Schreiben, mit dem der Energieversorger eine einseitige Preiserhöhung für die Verbrauchsstelle Godeffroystraße Nummer 23 im noblen Hamburger Stadtteil Blankenese ankündigt.

Das Problem: Weder ist Bernd S. Kunde dieses Energiekonzerns, noch war er es jemals zuvor in seinem Leben. Er wohnt etwa zweieinhalb Kilometer entfernt in Groß Flottbek. Dorthin hat E.ON ihm die Gasrechnung für die Godeffroystraße 23 geschickt. Mit dieser Anschrift hat Bernd B. noch nie etwas zu schaffen gehabt. In der Godeffroystraße Nummer 29 war er früher einmal als Facharzt niedergelassen. Aber das ist zwölf Jahre her und außerdem wurde dort mit Öl geheizt, wie auch an seiner Privatanschrift in Flottbek.

Zunächst hielt Bernd S. das Ganze noch für einen einmaligen Irrläufer. Doch schon wenige Tage später flatterte ihm eine Mahnung und Androhung der Unterbrechung seiner Gasversorgung in der Godeffroystraße 23 ins Haus. Demnach sollte er 108,30 Euro an E.ON zahlen, um eine Sperrung des ihm unbekannten Anschlusses zu vermeiden.

Doch wie kam der Energiekonzern ausgerechnet auf ihn als Inhaber des Gasanschlusses in einem ihm gänzlich unbekannten Haus? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen und den Irrtum aufzuklären, rief Bernd S. am 22. September die Kundenhotline von E.ON an. Der Dame am Telefon teilte er mit, dass er noch nie in seinem Leben Gas bezogen habe und noch nie irgendeine Geschäftsbeziehung oder sonstigen Kontakt mit E.ON hatte. Woher E.ON überhaupt seine Daten, seinen Namen und seine private Anschrift bezogen habe, wollte Bernd S. wissen. Darauf wollte man ihm nicht antworten. Immerhin versprach man ihm, der Sache nachzugehen. Er werde keine Post von E.ON mehr erhalten, versicherte die Sachbearbeiterin.

Wenige Tage später erreichten ihn gleich zwei Schreiben mit Datum vom 22. September. In einem hieß es, dass man seinen Vertrag zum 11. August beendet habe. Er möge Zählerstand und seine neue Anschrift mitteilen, um eine Schlussrechnung zu bekommen. Wie E.ON auf dieses Datum kam, weiß man nicht. In einem zweiten Schreiben hieß es, man habe seine Anmeldung korrigiert, wisse, dass es nicht richtig gewesen sei, ihn zum 1. Januar 2022 für die Verbrauchsstelle Godeffroystraße 23 angemeldet zu haben. Man bedauere den Fehler und habe nun „alles in Ordnung gebracht“.

Bernd S. glaubte tatsächlich, dass nun alles bereinigt sei. Doch da hatte er sich geirrt. Drei Tage später flatterte ein

freundliches Begrüßungsschreiben ins Haus. Man freue sich, ihn ab 12. August mit Gas zu beliefern. Laut Unterlagen des Energiekonzerns sei er als Eigentümer der Verbrauchsstelle Godeffroystraße 23 „hinterlegt“, hieß es nun. Wie der Konzern auf darauf kam, blieb ebenfalls rätselhaft.

Mitte Oktober informierte E.ON den vermeintlichen Gaskunden Bernd S. über den Wegfall der geplanten Gasumlage und dass die bereits angekündigten Preiserhöhungen damit ebenfalls passé seien. Und natürlich erhielt er laufend Rechnungen und Mahnungen, die er in den Papierkorb beförderte. Als Mitte Dezember eine weitere Preiserhöhung mitgeteilt wurde und er zudem einen „Rückmeldebogen“ mit der Aufforderung erhielt, darin Angaben zu den Eigentumsverhältnissen der Verbrauchsstelle Godeffroystraße 23 zu machen, die er nicht kannte, rief er am 15. Dezember erneut bei E.ON an und forderte ultimativ die Löschung seiner dort widerrechtlich gespeicherten Daten.

Erneut versprach man Besserung und tatsächlich flatterte in den nächsten Tagen wieder ein Berichtigungsschreiben herein mit denselben Textbausteinen, die er noch vom September kannte. An dem Umstand, dass er bei E.ON als Eigentümer der Verbrauchsstelle geführt wurde, änderte sich auch diesmal nichts. Kurz nach der Entschuldigung kamen neue Begrüßungsschreiben, Rechnungen und Mahnungen.

Zum Jahresende flatterte ihm eine Rechnung vom 21. Dezember ins Haus, der zufolge er nun gut 2400 Euro an den Energiekonzern zahlen sollte für Gas, das er nie erhalten hatte und mit dessen Verbrauch er nichts zu schaffen hatte. Am 3. Januar rief er deshalb ein drittes Mal bei E.ON an und versuchte, den Konzern von seiner Geisterfahrt abzubringen.

Einziger Erfolg war eine erneute Korrektur der Anmeldung mit anschließender Schlussrechnung und alsbald folgendem neuen Begrüßungsschreiben im Laufe des Januar. Am 31. Januar wandte sich der langjährige Abonnent deshalb hilfesuchend an c't und übermittelte kurz darauf die zum damaligen Zeitpunkt jüngsten Schreiben von E.ON, wonach er monatliche Abschläge von über 2000 Euro zu zahlen habe.

Versehen mit System

Wir fragten die Unternehmenskommunikation von E.ON am 2. Februar nach dem Fall von Bernd S. und wollten wissen, woher der Konzern dessen Daten über-

haupt bezogen habe, da er ja nach seinen Aussagen zuvor noch nie mit E.ON oder der Verbrauchsstelle etwas zu tun gehabt hatte. Am 8. Februar antwortete uns eine Sprecherin des Konzerns, man habe Bernd S. irrtümlicherweise im Rahmen einer sogenannten Leeranlagenrecherche als Nutzer des Gasanschlusses in der Godeffroystraße Nummer 23 identifiziert. Dies sei nun korrigiert.

Wir warteten nun ein wenig ab, ob sich der Konzern direkt bei Bernd S. ebenfalls entschuldigen würde und die Sache nun endgültig ausgestanden sei. Da sich weiter nichts tat, fragten wir am 20. Februar erneut bei der Sprecherin nach, wie von solchen Irrtümern Betroffene denn selbst erwirken können, dass E.ON sich um Aufklärung und Korrektur kümmert? Denn genau das war Bernd S. ja trotz mehrfacher Versuche nicht gelungen. Man hatte ihm stets eine Korrektur zugesagt, doch statt einer Löschung seiner Daten kamen immer neue Rechnungen und Zahlungsaufforderungen.

Die Rückabwicklung gestaltete sich im Fall von Bernd S. „leider etwas komplexer“. Man werde sich in Kürze mit einem Zwischenstand bei ihm melden, teilte die Sprecherin uns noch am selben Tage mit. Auch die Energiekrise musste als Ausrede herhalten, deretwegen man „eine starke Zunahme des Anfragevolumens auf allen Kanälen“ verzeichne.

In der Zwischenzeit erhielt Bernd S. weiter Post von E.ON. Eine Abschlagsanpassung in Folge der Gaspreiskontrolle und eine auf den 16. Februar datierte Bestätigung, dass man seine Anmeldung zum 12. August 2022 rückgängig gemacht habe.

Nachdem er in den letzten Monaten schon einige solche Schreiben erhalten hatte, traut Bernd S. dem Frieden nicht so recht. Bis Redaktionsschluss trafen allerdings keine weiteren Schreiben des Energiekonzerns mehr bei ihm ein. Doch um endlich Ruhe vor den Gasverkäufern zu bekommen, der völlig zu Unrecht seine Anschrift wer weiß woher beschafft und über Monate verarbeitet hatte, musste der Kunde letztlich die c't bemühen.

Zahnloser Datenschutz

Als nicht hilfreich hat sich in diesem Fall auch die zuständige Datenschutzaufsicht erwiesen. In Bayern, wo E.ON seinen Sitz hat, kümmert sich darum kein unabhängiger Beauftragter wie in ande-

ren Ländern, sondern eine Behörde: das Landesamt für Datenschutzaufsicht (LDA). Dorthin hatte sich Bernd S. bereits im Oktober mit einer Beschwerde gewandt und geschildert, dass der Konzern seine Daten widerrechtlich verar-

beiten würde. Doch außer einer Eingangsbestätigung hörte er weiter nichts. Und statt sich an den Konzern zu wenden und um Aufklärung zu bitten, ließen die bayerischen Datenschützer die Sache einfach liegen. Erst am 13. Februar wurde das LDA tätig, untersuchte den Fall aber noch

immer nicht, sondern forderte stattdessen Bernd S. mit Fristsetzung auf, seinen Schriftwechsel mit E.ON vorzulegen. Die glaubhafte Schilderung, mit diesem Konzern nichts zu schaffen zu haben, genügte der Behörde für ein Tätigwerden offenbar nicht.

Das sollte es allerdings, denn der Fall von Bernd S. ist bei weitem kein Einzelfall. In ähnlicher Weise Betroffene finden sich nahezu überall dort, wo der Konzern als Grundversorger tätig ist. Und immer wieder schaffen es solche Fälle auch in die Medien. So berichtete der NDR erst kürzlich, dass E.ON einer Verbraucherin einfach einen zweiten Zähler untergejubelt hatte (ct.de/y4px). Weitere ähnliche Fälle sind der Redaktion bekannt.

Das bayerische Datenschutzamt sieht offenbar trotzdem keinen Anlass, E.ONs laxen Umgang mit vermeintlichen Kundendaten einmal genauer unter die Lupe zu nehmen. Auch wird das Amt von der CSU-geführten Landesregierung offenbar finanziell zu kurz gehalten, um die Anforderungen aus der DSGVO erfüllen zu können. So bewegt sich die Zahl der Fälle, in denen die Bearbeitungsfrist von drei Monaten überschritten wird, laut Auskunft des LDA im höheren zweistelligen Bereich. Zudem steige die Zahl sogenannter Untätigkeitsklagen. Ein Abbau der weiter steigenden Bearbeitungsrückstände sei mit der derzeitigen Ausstattung nicht möglich, heißt es aus der Behörde. Von diesem zahnlosen bayerischen Datenschutzlöwen hat der Konzern also sicher nichts zu befürchten und kann weiterhin völlig Unbeteiligte wie Bernd S. mit seinen Geisterrechnungen behelligen.

(tig@ct.de) **ct**

NDR-Beitrag erfundener Zähler:
[ct.de/y4px](https://www.ct.de/y4px)

Gegen den Trend

Zu gut für die Nische:
Womit Einsteigersmartphones brillieren



Günstige Telefone Seite 58
Smartphones unter 200 Euro Seite 60
Feature-Phones mit Messenger Seite 67

Smartphones werden immer teurer, trotzdem fristen günstige Einsteigermodelle immer noch ein Schattendasein. Zu Unrecht, denn für viele Aufgaben sind sie hervorragend gerüstet.

Von Robin Brand

Etwa 560 Euro gaben Deutsche nach einer Erhebung des Branchenverbands Bitkom im vergangenen Jahr durchschnittlich für ein neues Smartphone aus. Vor fünf Jahren waren solche Preise noch dem High End vorbehalten. Mittlerweile tragen nur vierstellig teure Hochglanzsmartphones die neueste Technik mit sich herum. Doch wer braucht die überhaupt? Und wie viele technische Finessen sind 2023 in den Einsteigerbereich gewandert?

Welches die Stärken der Einsteigersmartphones sind und woran es hapert, klären wir im Test von fünf Modellen unter 200 Euro ab Seite 60. Ob und für wen die noch spartanischer ausgestatteten Feature-Phones eine Alternative sein können, haben wir anhand von sechs Tastenhandys mit den Betriebssystemen KaiOS, S30+ und Android Go (ab S. 67) untersucht. Im Folgenden erläutern wir, was Sie generell von diesen Geräteklassen erwarten dürfen – und was nicht.

Fangen wir mit den Kameras an, denn die sind der Hauptgrund, warum Top-Smartphones so viel teurer sind als die Einsteigergeräte – und auch, warum viele Menschen bereit sind, so viel Geld für ein Smartphone auszugeben. Dass ein 1000-Euro-Smartphone bessere Fotos schießt als eines, das ein Fünftel davon kostet, sollte niemanden überraschen. Doch nur weil es bessere Knipsen gibt, sind die der Einsteigergeräte noch längst nicht schlecht.

Schauen Sie mal Ihre Fotos auf dem Smartphone durch: Sie fotografieren hauptsächlich im Tageslicht? Dann kann auch die Kamera von manchen Einsteigergeräten ausreichen. Längst verbauen Hersteller auch in den günstigen Smartphones Kameras, die für den Schnappschuss im Alltag genügen. Worauf Sie verzichten müssen, sind nachtschneidende Multikamera-

Systeme, die Tele und Ultraweitwinkel zusätzlich abdecken und professionell anmutende Unschärfebereiche ins Foto zaubern.

Außer den deutlich besseren Kameras sind es vor allem die Chips mit bis zu zwanzigfacher Rechen- und Grafikleistung, über die sich High-End- und Oberklasse-smartphones weit vom Einsteigersegment absetzen. Das sieht in synthetischen Benchmarks zwar eindrucksvoll aus. Aber wer nicht gerade anspruchsvolle 3D-Spiele spielt, exzessives Multitasking betreibt oder Videos schneidet, bringt diese Hochleistungschips kaum je an ihre Grenzen. Beim Billigsmartphone dagegen geht schon mal das Minimieren einer App mit unschön ruckelnder Animation einher. Dennoch: Die Anwendungen, die die meisten im Alltag überwiegend nutzen – Social-Media-, Messenger-, News-, Wetter- und Shopping-Apps etwa –, laufen problemlos. Nur beim Wechsel zwischen den Apps brauchen die einfacheren Geräte mal einen Gedenkmoment länger.

Lange Laufzeit, gute Displays

Einen Vorteil haben die schwächlichen Chips der Einsteigersmartphones gegenüber ihren auf Höchstleistung gezüchteten Geschwistern: Sie rufen stoisch ihre überschaubare Leistung ab, drosseln kaum und verbrauchen wenig Strom. Alle fünf Smartphones unseres Prüfstands glänzen mit langen Laufzeiten, manche sind sogar ausdauernder als High-End-Telefone.

Unter den günstigsten Smartphones haben wir einige mit kontraststarken und schnellen 90-Hertz-Displays entdeckt. Selbst helle OLEDs finden sich in einigen wenigen Sub-200-Euro-Smartphones. Die erzielen zwar keine Fabelwerte unter dem Messgerät, strahlen aber auch in der Sonne noch hell genug, damit man es sich draußen zum Surfen und Lesen gemütlich machen kann. Die noch schnelleren 120-Hertz-OLEDs mit WQHD-Auf-

lösung und irrwitzigen Helligkeiten von 1000 cd/m² und mehr bringen da im Alltag kaum spürbaren Mehrwert.

Einen netten Nebeneffekt bringen sowohl günstige Smartphones als auch Tastenhandys mit sich: Ihre aufs Wesentliche reduzierten Funktionen betteln weniger um Aufmerksamkeit. Und so können sie bereichernder sein als so manches Luxus-Smartphone. Denn wie eine nicht repräsentative Untersuchung der Ruhr-Universität Bochum ergeben hat, kann sich schon eine einstündige Reduktion der Smartphone-nutzung am Tag positiv auf Lebensstil und Wohlbefinden auswirken.

Bliebe die Frage nach der Haltbarkeit und Nachhaltigkeit. Die anfängliche Mehrinvestition in ein teureres Smartphone kann sich rechnen – nämlich dann, wenn man es länger nutzt. Das ist bei teureren Handys häufig der Fall, weil sie auf eine längere Lebensdauer ausgelegt sind. Auch Wasser- und staubdichte Gehäuse behalten die Hersteller in aller Regel dem Premiumsegment vor. Das Billiggerät dagegen übersteht einen unfreiwilligen Tauchgang meist nicht. Während sich dieser Tod durch eigene Maßnahmen (Hülle, aufpassen) hinauszögern oder ganz verhindern lässt, tickt ein anderer Countdown schon ab Marktstart eines Billigsmartphones unerbittlich: Irgendwann bleiben die Updates aus – bei günstigen Smartphones deutlich früher als bei ihren teuren Geschwistern. Doch hier regt sich die EU.

Sie verpflichtet Hersteller ab 2024 im Rahmen einer neuen Ökodesign-Richtlinie, alle Smartphones fünf Jahre lang ab Ende des Inverkehrbringens mit Updates zu versorgen. Der Akku von Geräten, die nicht gemäß IP67 staub- und wasserdicht sind, muss sich wechseln lassen. Keine andere Gattung dürfte von diesen Regelungen so sehr profitieren wie die Einsteigersmartphones. Wenn die Hersteller allerdings die Mehrkosten für Updates und wertigere Gehäuse komplett auf ihre Kunden abwälzen, könnten die Geräte auch deutlich teurer werden.

Hat man kein Handy zum Weiterreichen, sind günstige Smartphones schon heute eine gute Wahl als erstes Telefon für den Nachwuchs, als Back-up-Smartphone für die Bikepacking-Tour oder einfach für Leute, die nicht viel mehr als telefonieren, browsen und simsen wollen. Denn für diese grundlegenden Funktionen reichen die Einsteigergeräte vollkommen. (rbr@ct.de) **ct**



Sparphones

Fünf Smartphones von Motorola bis Xiaomi unter 200 Euro

Lange Laufzeiten, helle Bildschirme, Dual-SIM und Kopfhörerbuchse: Im Einstiegsbereich unter 200 Euro gibt es attraktive Smartphones. Der Test zeigt, wo man Perlen findet – und welche Kompromisse man eingehen muss.

Von Robin Brand

Updates, Verarbeitung, Laufzeit: Auch an günstige Smartphones sollte man gewisse Ansprüche stellen, damit sie nicht direkt einem teureren Gerät weichen müssen und in der Schublade verstauben. Doch welche Kompromisse muss man eingehen und was sind absolute No-Gos?

Für diesen Prüfstand von Einsteiger-smartphones unter 200 Euro haben wir fünf Geräte mit vollwertigem Android ausgewählt: Motorola Moto G13, Nokia G21, Realme 9, Samsung Galaxy A13 und Xiaomi Redmi Note 11. Noch günstigere Geräte mit abgespecktem Android Go für besonders schwächliche Hardware sowie Feature-Phones mit alternativen Betriebs-

systemen wie KaiOS oder S30+ haben wir ab Seite 67 getestet.

Unter den preiswertesten Smartphones finden sich auch 2023 noch welche, die weniger als 3 GByte Hauptspeicher und weniger als 64 GByte Flash mitbringen, selbst Smartphones mit Micro-USB werden vereinzelt noch verkauft. Wer zwischen 150 und 200 Euro ausgibt, darf aber mehr erwarten. Für die Aufnahme ins Testfeld setzten wir deshalb außer einem USB-C-Anschluss mindestens 4 GByte RAM und 64 GByte Flashspeicher sowie einen Achtkernprozessor voraus. Da Apps aber immer speicherhungriger werden, sind auch 64 GByte schnell voll. Deswegen haben wir darauf geachtet, dass sich der

Speicher aller Smartphones erweitern lässt. Für zwei nanoSIM-Karten ist in allen Geräten auch noch Platz. Wer sein 150-Euro-Smartphone nicht mit teils doppelt so teuren Bluetooth-Kopfhörern paaren will, muss das auch nicht: Eine Kopfhörerbuchse bringen alle Billigheimer mit – anders als der Großteil der fünf- bis zehnmals so teuren High-End-Smartphones.

Trotz ähnlicher Preise setzen die Smartphones im Test unterschiedliche Akzente: Motorola und Nokia schicken Moto G13 und Nokia G21 mit schlankem Android ins Rennen. Das Realme 9 lockt mit vollwertiger Ausstattung, das Redmi Note 11 von Xiaomi besitzt einen hellen OLED-Bildschirm und Samsung will das Galaxy A13 vier Jahre lang mit Sicherheitspatches beliefern.

Haptisch unterscheiden sich die Smartphones nicht besonders stark: Plastik, wohin die Hände greifen. Nicht alle Smartphones sehen dabei so offensichtlich nach Kunststoff aus wie das Galaxy A13. Die geriffelte Nokia-Rückseite liegt besser in der Hand als der spiegelglatte Rest, Realme, Motorola und Xiaomi legen eine Hülle in den Karton, in der sich die Smartphones sicherer greifen. Einzig Motorola hat sein Gerät gemäß IP52 gegen Spritzwasser abgedichtet. Einen ausgewachsenen Tauchgang übersteht keines der Geräte.

High-End-Billigheimer

Das Redmi Note 11 überrascht gleich beim Einschalten: Sein kontraststarker, farbenfroher OLED-Bildschirm, der bis zu 90 Bilder pro Sekunde wiedergibt, stünde auch einem High-End-Smartphone gut zu Gesicht. Dank einer maximalen Helligkeit von fast 800 cd/m² lässt er sich auch in der prallen Sonne einwandfrei ablesen.

Doch das Xiaomi-Smartphone bildet die Ausnahme von der Regel, die da lautet: Günstige Smartphones haben keine tollen Displays. Motorola und Nokia demon-

Zwei SIMs sind nicht genug: Zusätzlich nehmen die getesteten Smartphones eine MicroSD-Karte auf.



trieren dies besonders deutlich. Sie leisten zwar bis zu 90 Hertz, aber aus ihrer Auflösung von 1600 × 720 Pixel ergibt sich eine magere Punktdichte von weit weniger als 300 dpi. Kanten von Icons und kleine Schriftzeichen stellen die Bildschirme deshalb ausgefranst dar. Das Nokia-Display ist überdies das dunkelste im Testfeld, es erreicht maximal 424 cd/m². Stark blickwinkelabhängig sind sie beide. Kurzum: Wer gerne YouTube-Videos oder die eine oder andere Serie auf dem Smartphone schaut, greift besser zu einem der drei anderen Kandidaten. Die Bildschirme des Realme- und des Samsung-Smartphones sind zwar nicht ganz so gut wie das OLED-Display im Xiaomi, das LCD-Panel des Samsung stellt Farben weniger kräftig und Schwarz nicht ganz so tief dar, das OLED des Realme 9 strahlt nicht so hell wie das des Note 11. Doch ihre Punktdichten von mehr als 400 dpi reichen auch für kleine Schriften und die Panels sind blickwinkelstabil, sodass man auch die richtigen Farben sieht, wenn man nicht senkrecht auf den Bildschirm schaut. Dass Displays mit höheren Bildwiederholraten im Einstiegssegment die Regel und nicht mehr die Ausnahme sind,

zeigt der Blick aufs Samsung-Panel: Als einziges stellt es statisch 60 Hertz dar.

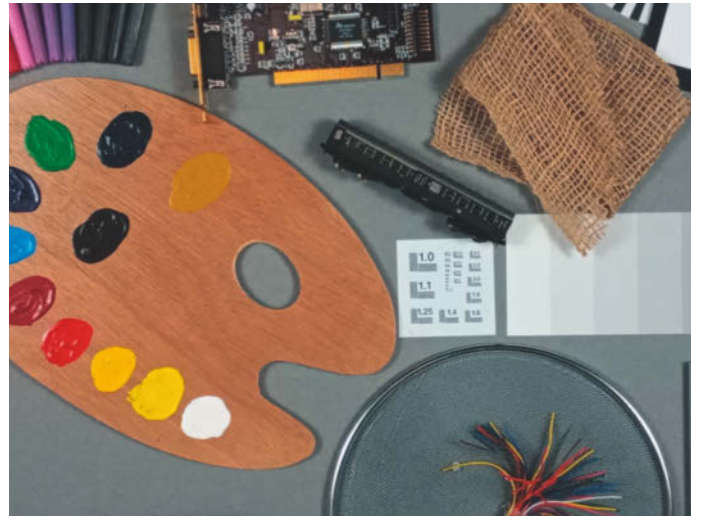
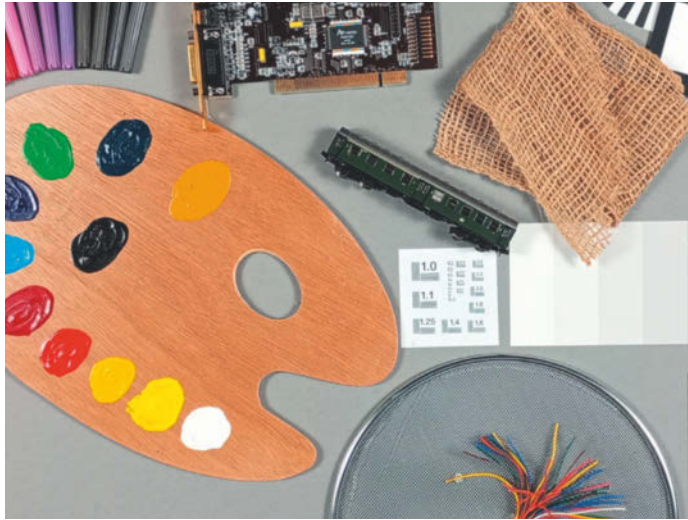
Drei verschiedene Chipzulieferer zeichnen für die SoCs der Smartphones verantwortlich. Nokia verwendet einen Unisoc Tiger T606, Motorola und Samsung vertrauen einem MediaTek-Chip (G85 im Moto G13, G80 im Galaxy A13) und Realme und Xiaomi implantieren ihren Einstiegsgeräten einen Qualcomm Snapdragon 680. Dessen schnelle Kerne takten mit maximal 2,4 GHz und damit höher als die der Konkurrenz (1,6 bis 2 GHz, die genauen Daten entnehmen Sie der Tabelle). Vor allem aber besteht der Snapdragon 680 aus vier schnellen und vier schwachen Kernen, während die anderen Chips mit einem 2+6-Cluster, also nur zwei schnellen Kernen, arbeiten.

Rechen-Benchmarks bescheinigen den Smartphones mit Snapdragon-Chip rund 10 bis 20 Prozent mehr Leistung im Einkern- und bis zu 40 Prozent Plus im Mehrkernbetrieb. Nokia und Samsung reißen sich am Ende des Felds ein. Ist GPU-Leistung gefragt, schließen Motorola G13 und Samsung A13 zu Redmi Note 11 und Realme 9 auf, das Nokia-Smartphone bleibt der schwächste Proband.

Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Coremark Single-Core [Punkte]	Coremark Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 offscreen [fps]	3DMark Sling Shot Extreme [Punkte]	Video 720p (normale Helligkeit) ¹ [h]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) ¹ [h]	3D-Spiel (normale Helligkeit) ¹ [h]	Laden 50 % / 100 % [min]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser
Motorola Moto G13	9810	56031	25	1425	17,1	16,3	9,7	70/152
Nokia G21	8082	47990	14	961	17	14,1	10,8	45/149
Realme 9	11043	65882	23	1320	23,4	23,6	16,6	28/74
Samsung Galaxy A13	9378	37941	24	1326	18,8	17,3	13,3	59/131
Xiaomi Redmi Note 11	11050	66049	22	1335	19,3	19,7	15	27/73

¹ gemessen bei 200 cd/m²



Bei guten Lichtverhältnissen (links) sind die weitwinkligen Hauptkameras der Smartphones, hier jeweils exemplarisch das Motorola Moto G13, allesamt schnappschusstauglich. Schon im Dämmerlicht (rechts bei 20 Lux im Labor) lässt die Qualität rapide nach.

Zur Einordnung: Je nachdem, welchen Benchmark man heranzieht, erzielen High-End-Smartphones die fünf- bis zehnfache Rechen- und bis zu zwanzigfache Grafikleistung. Die wichtige Frage ist nun, wie sich das im Alltag bemerkbar macht. Grundsätzlich haben Entwickler ein Interesse daran, dass ihre Apps auf möglichst vielen Geräten laufen. Dass eine App gar nicht läuft, wird daher so gut wie nicht vorkommen. Im Test funktionierten selbst anspruchsvolle Spiele wie Pubg, wenn auch nur in niedrigem Detailgrad und nicht immer flüssig.

Problematischer ist es, wenn man zwischen mehreren gleichzeitig geöffneten Anwendungen schnell hin- und herwechseln möchte. Dann genehmigen sich alle Getesteten die eine oder andere Gedanken Sekunde. Größere Videodateien in hoher Auflösung und/oder hoher Bildwiederholrate bringen die Smartphones ans Limit, unser 4K/120-fps-Testvideo spielte keines flüssig ab. Das ist aber eher ein Ausloten der theoretischen Grenzen und in der Praxis verschmerzbar: Die Displays lösen weder 4K auf noch sind sie in der Lage, 120 Bilder pro Sekunde darzustellen. Einfache Anwendungen wie Messenger-, Browser- und Streaming-Apps beherrschen die Smartphones ohne Probleme. Auf dem Nokia-Smartphone stürzten aber sogar einfache Anwendungen – häufig solche mit tief integrierten Google-Diensten wie Drive, Google Fotos oder Chrome – immer wieder ohne ersichtlichen Grund ab. Schuld daran dürfte aber

eher die Software und nicht die Hardware sein.

Auf einem Auge blind

Zu mächtigen Angebern werden die Smartphones, wenn es um die Kameras geht. Mindestens drei davon tragen sie alle auf ihrer Rückseite mit sich spazieren. Damit sehen sie zwar aus wie die High-End-Modelle, sind technisch aber deutlich abgespeckt, wie etwa ein kurzer Test mit den Tiefenkameras zeigte: Mit offener und abgedeckter Tiefenkamera aufgenommene Fotos unterschieden sich nicht, während sie in den teureren Modellen hilft, professionelles Bokeh zu simulieren oder im Dunkeln den Fokus besser zu finden.

Neben einer weitwinkligen Hauptkamera nennen alle Smartphones zudem eine 2-Megapixel-Makrokamera ihr Eigen – eine nette Spielerei, um Detailaufnahmen aus kurzer Distanz anzufertigen. Ein zusätzliches Ultraweitwinkel gibts bei Realme, Samsung und Xiaomi. Damit sind Aufnahmen mit Bildwinkeln von 120 Grad möglich – allerdings ohne jegliche Details.

Die besten Fotos schießt durch die Bank die Hauptkamera. Standardmäßig geben alle Smartphones darüber 12-Megapixel-Fotos aus und rechnen dafür mehrere Pixel zusammen. So sollen die kleinen Sensoren mehr Licht sammeln. In der Praxis reicht die Qualität für Schnappschüsse bei Tageslicht – wenn man nicht am großen Monitor in die Details hineinzoomt. Die natürlichsten Farben zaubern Motorola und Nokia ins Foto, während

besonders das Realme-Smartphone mit deutlich zu warmen und rotstichigen Bildern negativ auffiel. Die Fotos des Xiaomi Redmi Note 11 dagegen kippten zu sehr ins Grüne. Beim Blick auf die Details dreht sich das Bild: Xiaomi und vor allem Realme bewahren davon noch am meisten. Das Moto G13 dagegen versucht mit aggressivem Nachschärfen den Mangel an Details zu kaschieren, erschafft dadurch aber nur überschärfte Artefaktwüsten, die wenig mit der Realität gemein haben. Das Nokia vermatscht feine Strukturen, sodass die Fotos fast wie mit einem groben Pinsel gemalt wirken.

Bei schummrigem Licht ist auf keines der Smartphones mehr Verlass: Selbst wenn wir die Geräte auf dem Stativ stabilisierten, brachten sie nur verrauschte, matschige Fotos mit flauen Farben zustande. Der Einäugige unter Blinden war in dieser Disziplin das Realme 9. Die volle Auflösung von 108 (Realme) respektive 50 Megapixel (der Rest) geben alle Smartphones nur auf expliziten Wunsch in einem gesonderten „High-Resolution-Modus“ aus. Verbesserungen waren hier kaum auszumachen, allerdings handfeste Nachteile: Die höher aufgelösten Fotos fressen mehr Speicher.

Ausdauernd

Mehr Alltagstauglichkeit als beim Fotografieren bewiesen die Geräte auf unserem Laufzeitprüfstand. Selbst das Nokia G21, das am schnellsten schlappmacht, hält zwei Tage ohne Nachladen durch, so-



**WIR MACHEN
KEINE WERBUNG.
WIR MACHEN EUCH
EIN ANGEBOT.**



ct.de/angebot

Jetzt gleich bestellen:

 ct.de/angebot

 +49 541/80 009 120

 leserservice@heise.de

ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABONNIER SIE.

Ich möchte c't 3 Monate lang mit über 30 % Neukunden-Rabatt testen.
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

**Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,
z. B. einen RC-Quadrocopter.**



fern man nicht rund um die Uhr Videos schaut und alle zwei Minuten nach neuen Nachrichten schaut. Das Realme 9 schafft dies sogar bei intensiver Nutzung. Die fast 24 Stunden im Videodauerlauf und knapp 17 Stunden 3D-Spiel des Realme-Smartphones erreicht so manches High-End-Gerät nicht. Ist der Akku dann doch leergekaut, lassen es alle Smartphones gemächlich angehen am Netzteil, bis sie wieder vollgeladen sind. Einen rund 75-minütigen Boxenstopp genehmigen sich Realme 9 und Redmi Note 11, länger als zwei Stunden dauert es beim Rest. Drahtlos laden lässt sich keins der Geräte.

In einer Hinsicht sind die Smartphones der Oberklasse voraus: Sie alle bringen Slots für zwei nanoSIM-Karten und ein zusätzliches Fach für eine Speicherkarte mit. Auch die Kopfhörerbuchse haben die Hersteller nicht eingespart. Die des Realme 9 überzeugt mit guter Dynamik (103,2 dB/A), eine deutlich schlechtere Dynamik haben wir beim Redmi-Smartphone gemessen (81,1 dB/A). High-End-Ausstattungsmerkmale wie wasserdichte Gehäuse, 5G-Funk und Wi-Fi 6 sucht man vergeblich im Testfeld. Wobei die gemächlichen Prozessoren der Smartphones mit dem rasanten Datendurchsatz ohnehin überfordert wären.

Updates & Alternativen

Keine Unterschiede zwischen High-End- und Einstiegsklasse machen die Hersteller bei den Bedienoberflächen, was nicht immer ein Vorteil ist. Samsung etwa installiert jede Menge Samsung-Apps als Alternativen zum gewohnten Google-Dienst. Realme und Xiaomi sind besonders großzügig im Vorinstallieren unerwünschter Spiele-, Shopping- und Social-Apps. Speziell beim 64-GByte-Modell des Note 11 hat das gravierende Folgen: Keine 40 GByte Speicher bleiben ab Werk frei. Deutlich schlanker schicken Motorola und vor allem Nokia ihre Smartphones auf die Reise.

Dass Hersteller angeben, wie lange sie die Smartphones der Einstiegsklasse mit Updates versorgen wollen, war noch vor Kurzem kaum der Fall. Immerhin beantworteten drei von fünf Herstellern unsere Anfragen. Den Bestwert stellt Samsung mit zwei Updates auf neue Android-Versionen und vier Jahren Sicherheitspatches, letztere kommen vermutlich im Zwei- oder Drei-Monatsrhythmus. Nokia verspricht drei Jahre Sicherheits- und zwei Jahre Funktionsupdates, hinkt dem eige-



Motorola Moto G13

Das Motorola G13 hat einen Doppelgänger im Test: Anhand unserer Messwerte ist es kaum vom Nokia G21 zu unterscheiden und auch die Bedienoberflächen der Geräte mit schlankem Android ähneln einander. Wie also entscheiden? Anhand der Updatepolitik schon mal nicht. Der vermeintliche Vorteil des G21, dessen Hersteller längere und regelmäßige Updateunterstützung verspricht, löste sich im Test in Luft auf (siehe auch Nokia-Kasten). Ein Grund zum Jubeln sind zwei Jahre Sicherheitspatches im Zweimonatsrhythmus, die Motorola für das G13 verspricht aber auch nicht – zumal auch Motorola mit Dezemberpatch bei Redaktionsschluss Ende Februar dem Plan bereits hinterherhinkte. Kleiner Pluspunkt fürs Moto: Das SoC ist etwas schneller.

Soll das Smartphone als erstes Gerät für den Nachwuchs zum Einsatz kommen, mag die beiliegende Hülle ein Argument für das Motorola-Smartphone sein, denn Nokia liefert keine mit. Hinsichtlich ihrer Kameraausstattung nehmen sich beide Smartphones wenig, ein zusätzliches Ultraweitwinkel fehlt. Die Hauptkamera des Motorola belichtet treffsicherer, bildet die Farben im Testfeld am akkuratesten ab, gibt Details aber arg nachgeschärft wieder. Im Testfeld ist das G13 das einzige Smartphone, dessen Gehäuse gegen das Eindringen von Wasser und Staub zumindest ein wenig abgedichtet ist, gemäß IP52 kann Spritzwasser ihm nichts anhaben.

- 👆 **nacktes Android**
- 👇 **grobes Display**
- 👇 **Kamera zeigt wenig Details**

Preis: 180 Euro



Nokia G21

Selbst unter Seinesgleichen gelingt es dem Einstiegs-Smartphone Nokia G21 nicht, positiv aufzufallen. Zumindest nicht mit der Hardware. Nokia setzt einen anderen Schwerpunkt, verspricht ein Betriebssystem ohne Bloatware und jahrelange Updates. Drei Jahre lang will der Hersteller monatlich Sicherheitspatches liefern und zwei Jahre lang Funktionsupdates. Doch nur ein Versprechen löst Nokia ein: Das Betriebssystem ist tatsächlich frei von Fremdhersteller-Apps und vom Google-Original kaum zu unterscheiden. Unser Testgerät verhartete Mitte Februar noch auf Android 11 und dem Sicherheitspatch vom September 2022. Erst ab 17. Februar kamen binnen drei Tagen hintereinander die Patches für Oktober, November und Dezember. Auf das Android-12-Upgrade warteten wir bis Redaktionsschluss vergeblich.

Die Laufzeiten des Smartphones sind ordentlich, aber diesbezüglich schneidet die Konkurrenz noch einen Ticken besser ab. Ist es dann mal leer, ist Geduld gefragt: Zweieinhalb Stunden dauert es von 0 auf 100. Die Performance des Unisoc-Prozessors bleibt hinter dem Rest des Felds zurück. Und das mausgraue, stark blickwinkelabhängige und grobkörnige Display raubt einem beim Spielen oder Filmeschauen gehörig den Spaß. Zum Testzeitpunkt kostete das G21 mit 128 GByte Speicher nur 10 Euro mehr als die 64-GByte-Variante, den geringen Aufpreis sollte man auf jeden Fall investieren.

- 👆 **schlankes Android ...**
- 👇 **... aber nur in Version 11**
- 👇 **mieses Display**

Preis: 145 Euro bis 155 Euro



Realme 9

Realme bietet das Realme 9 in etlichen Varianten an, wahlweise mit 5G und bis zu 8 GByte Hauptspeicher in einer teureren Pro-Version oder als abgespecktes 9i. Das 9 ohne Zusatz überzeugt im Test mit einer ausgewogenen Ausstattung. Der Hersteller verpasst der Smartphone-Bedienoberfläche einen bunten Anstrich und installiert einige Anwendungen vor, darunter vor allem unnützen Kram wie Shopping- oder Social-Media-Apps. Immerhin: Das meiste davon lässt sich problemlos deinstallieren. Neben dem Samsung Galaxy A13 ist das Realme 9 das einzige im Testfeld mit aktuellem Android 13, nur der Dezemberpatch ist nicht mehr taufersch. Im Unterschied zu Samsung macht Realme allerdings keinerlei Angaben zu kommenden Updates.

Der verwendete Prozessor, Qualcomm Snapdragon 680, verrichtet seine Arbeit unauffällig und drosselt auch unter Dauerlast nicht. Das 90-Hertz-Display gehört zu den besseren im Test, es leuchtet hell und zeigt kräftige Farben. Einen zwiespältigen Eindruck hinterlässt die Kamera. Auf den ersten Blick fällt auf, dass Realme bei den Farben oft kräftig daneben langt, die Fotos zu warm und rotstichig belichtet. Hineingezoomt allerdings offenbaren die Fotos mehr Details als die der Konkurrenz. Pluspunkte verdient sich das Gerät für die längste Laufzeit im Test, bei moderater Verwendung sind auch zwei Tage ohne Nachladen drin, zudem ist das Realme der Schnelllader im Testfeld.

- ↑ sehr ausdauernd
- ↑ ordentliche Performance
- ↓ viel Bloatware

Preis: 200 Euro bis 220 Euro



Samsung Galaxy A13

Der Nachfolger steht bereits in den Startlöchern. Doch da das ab April erhältliche Samsung Galaxy A14 uns nicht rechtzeitig erreichte und ohnehin die 200-Euro-Marke reißt, darf sich das A13 noch einmal beweisen. Vorab eine kurze Modellkunde: Bei der hier getesteten Variante handelt es sich um die im Spätsommer 2022 erschienene MediaTek-Version und nicht das schwächere A13 mit Exynos-Chip. Auch eine 5G-Version (mit nochmals anderem MediaTek-Chip) vertreibt Samsung. Sie alle dürften günstiger werden, wenn das A14 erstmal erhältlich ist, warten kann sich also lohnen.

Samsung stattet das A13 mit einem 60-Hertz-Display aus, selbst unter 200-Euro-Smartphones fällt es damit negativ auf. Das Display selbst ist farbenfroh, wenn auch die Maximalhelligkeit etwas knapp bemessen ist. Vier Jahre Updates stellen dagegen den Bestwert im Vergleichsfeld dar. Bis zum Testzeitpunkt lieferte Samsung zuverlässig, Android 13 und Sicherheitspatch vom Januar waren es bei Redaktionsschluss im Februar. Samsung verwendet für das A13 ein 32-Bit-Android. Da Google App-Hersteller anhält, weiterhin 32-Bit-Versionen ihrer Anwendungen bereitzustellen, dürfte das in näherer Zukunft nicht zu einem Problem werden. Den bekannten Google-Diensten stellt Samsung wie gewohnt eigene Samsung-Alternativen zur Seite. Das knabbert am Speicher, aber der lässt sich erweitern.

- ↑ vier Jahre Updates
- ↑ ordentliche Laufzeit
- ↓ 60-Hertz-Display

Preis: 140 Euro bis 175 Euro



Xiaomi Redmi Note 11

In einer Sache ist das Redmi Note 11 von Xiaomi der versammelten Konkurrenz weit voraus: Sein Display leuchtet deutlich heller und zeigt überdies kräftige Farben und tolle Kontraste dank OLED-typisch tiefem Schwarz. Der Hersteller verspricht maximale Helligkeiten bis zu 1000 cd/m² in der Spitze, im Normalbetrieb sollen es 700 cd/m² sein, unsere Messungen bestätigen das.

Xiaomis Android-Aufsatz MIUI sieht an vielen Stellen anders aus als das nackte Google-Android, ist mit einigen sinnvollen Zusatzfunktionen aber gut nutzbar. Vor allem angesichts des ohnehin schon knappen Speichers nerven die vielen vorinstallierten Apps aber gewaltig – weniger als 40 GByte unseres Testgeräts waren frei verfügbar. Zu kommenden Updates macht der Hersteller keine Angaben, aktualisierte das System seit unserem Einzeltest (c't 12/2022, S. 76) von Android 11 auf 12. Die Hauptkamera liefert für die Preisklasse erwartbare Ergebnisse: einigermaßen brauchbare Fotos bei gutem Licht, mattschönen Pixelbrei bei schlechter werdenden Bedingungen. Der 5000 mAh starke Akku treibt das Smartphone satte 15 Stunden lang durch das Rennspiel Asphalt 8. In 75 Minuten ist der Akku wieder voll, ein verhältnismäßig guter Wert. Unsere Messung der 3,5-Millimeter-Kopfhörerbuchse ergab einen geringen Dynamikumfang. Ein Alleinstellungsmerkmal ist der Infrarotsender, der das Smartphone zum Ersatz für Fernbedienungen werden lässt.

- ↑ tolles OLED-Display
- ↑ Infrarotsensor
- ↓ Bloatware frisst Speicher

Preis: 155 Euro bis 190 Euro



Das hatten wir schon lange nicht mehr: Jedes der Smartphones im Prüfstand bringt eine 3,5-Millimeter-Klinkenbuchse mit.

nen Plan aber bereits hinterher (siehe Kas-
ten), Motorola kann sich nicht mehr als
zwei Jahre Sicherheitspatches im Zwei-
Monatsrhythmus und ein Update auf An-
droid 14 abringen. Xiaomi und Realme
machen keinerlei Angaben. Sollen Cus-

tom-ROMs das Leben der Geräte verlän-
gern, ist man von einer regen Community
für das Gerät abhängig. Eine solche haben
wir für die hier getesteten noch nicht aus-
machen können. Welche Geräte sich dafür
gut eignen, haben wir in [1] zusammen-
gefasst. Wenn der Kauf eines gebrauchten
Smartphones infrage kommt, erhält man
für gleiches Geld mehr Leistung [2].

Fazit

Telefonieren, browsen, Nachrichten
schreiben und hin und wieder News lesen:
Für diesen Einsatzbereich eignet sich
jedes der getesteten Geräte bestens. Dank
guter Akkus halten sie dabei auch noch
richtig lange durch. Der größte Unter-
schied zur High-End-Klasse liegt in den
Kameras und SoCs. Brauchbare Fotos
schießen die Smartphones nur am Tag und
dann auch nur mit einer Brennweite und
nicht mit fein abgestimmten Kombinati-
onen aus mehreren Kameras, wie sie in der

Oberklasse zu finden sind. Multitasking
und anspruchsvolle Apps bringen die
günstigen Einstiegsgeräte zuverlässig an
ihre Grenzen. Wer gerne Filme auf dem
Smartphone schaut, sollte einen Bogen
um Moto G13 und Nokia G21 mit ihren
grobkörnigen, blickwinkelabhängigen
Displays machen. Dazu eignet sich das
Xiaomi Redmi Note 11 mit sehr hellem
Display besonders gut. Längste Laufzeit,
beste Kopfhörerbuchse und ordentliche
Performance verbindet das Realme 9, das
Samsung Galaxy A13 wird am längsten mit
Updates gepflegt. (rbr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Robin Brand, Steffen Herget, Jörg Wirtgen,
Schwere Operation, Android zurechtgeschnitten:
Sechs Custom-ROMs im Vergleich, c't 8/2022,
S. 74
- [2] Christof Windeck, So gut wie neu, Gebrauchte
Hardware günstig und sicher einkaufen,
c't 18/2022, S. 58

200-Euro-Smartphones

Modell	Motorola Moto G13	Nokia G21	Realme 9	Samsung Galaxy A13	Xiaomi Redmi Note 11
Betriebssystem / Patchlevel	Android 13 / November 2022	Android 11 / Dezember 2022	Android 12 / Dezember 2022	Android 13 / Januar 2023	Android 12 / November 2022
Funktions-Updates / Sicherheits- patches laut Hersteller bis min.	Android 14 / Januar 2025	Android 13 / Januar 2025	k.A.	Android 14 / Februar 2026	k.A.
Ausstattung					
Prozessor / Kerne × Takt / GPU	MediaTek Helio G85 / 2 × 2 GHz, 6 × 1,8 GHz / Mali-G52 MC2	Unisoc Tiger T606 / 2 × 1,6 GHz, 6 × 1,2 GHz / Mali-G57 MC3	Qualcomm Snapdragon 680 / 4 × 2,4 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 610	MediaTek Helios G80 / 2 × 2 GHz, 6 × 1,8 GHz / Mali-G52	Qualcomm Snapdragon 680 / 4 × 2,4 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 610
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	4 GByte / 128 GByte (111 GByte) / ✓ (MicroSDXC)	4 GByte / 128 GByte (113 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (105 GByte) / ✓ (MicroSD)	4 GByte / 128 GByte (105 GByte) / ✓ (MicroSDXC)	4 GByte / 64 GByte (39 GByte) / ✓ (MicroSD)
5G / LTE / SIMs / eSIMs / SAR- Wert	– / ✓ / 2 × nanoSIM (SD separat) / – / 0,92 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM (SD separat) / – / 0,339 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM (SD separat) / – / 0,991 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM (SD separat) / – / 0,353 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM (SD separat) / – / 0,596 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 5 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB / Kopfhörerbuchse / Finger- abdruckscanner	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / ✓ (Einschalter)	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / ✓ (Einschalter)	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / ✓ (Display)	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / ✓ (Einschalter)	USB-C 2.0, OTG, kein DP / ✓ / ✓ (Einschalter)
Akku / Drahtlosladen	5000 mAh / –	5050 mAh / –	5000 mAh / –	5000 mAh / –	5000 mAh / –
Abmessungen / Gewicht / Schutzklasse	16,3 × 7,5 × 0,8 cm / 185 g / ✓ (IP52)	16,5 × 7,6 × 0,9 cm / 190 g / –	16 × 7,3 × 0,8 cm / 177 g / –	16,5 × 7,4 × 0,9 cm / 194 g / –	16 × 7,4 × 0,8 cm / 179 g / –
Kameras					
Hauptkamera	50 MP (8160 × 6144), f/1,8, ohne OIS	50 MP (8160 × 6120), f/1,8, ohne OIS	108 MP (12000 × 9000), f/1,75, ohne OIS	50 MP (8160 × 6120), f/1,8, ohne OIS	50 MP (8160 × 6144), f/1,8, ohne OIS
Ultraweitwinkel	–	–	8 MP (3264 × 2448), f/2,2, ohne OIS	5 MP (2576 × 1932), f/2,2, ohne OIS	8 MP (3264 × 2448), f/2,2, ohne OIS
Frontkamera	8 MP (3264 × 2448), f/2, ohne OIS	8 MP (3264 × 2448), f/2, ohne OIS	15,9 MP (4608 × 3456), f/2,45, ohne OIS, 26 mm	8 MP (3264 × 2448), f/2,2, ohne OIS	13,1 MP (4208 × 3120), f/2,45, ohne OIS
Display-Messungen					
Diagonale / Technik / Auflösung (Punktdichte)	6,5 Zoll LCD / 1600 × 720 Pixel (269 dpi)	6,5 Zoll LCD / 1600 × 720 Pixel (269 dpi)	6,4 Zoll OLED / 2412 × 1080 Pixel (411 dpi)	6,6 Zoll LCD / 2408 × 1080 Pixel (400 dpi)	6,4 Zoll OLED / 2400 × 1080 Pixel (409 dpi)
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	3,73 ... 542 cd/m² / 86% / 90 Hz	3,76 ... 424 cd/m² / 91% / 90 Hz	1,67 ... 541 cd/m² / 96% / 90 Hz	5,8 ... 445 cd/m² / 89% / 60 Hz	1,98 ... 773 cd/m² / 98% / 90 Hz
Bewertungen					
Performance / Akku	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕	○ / ⊕⊕	⊖ / ⊕	○ / ⊕
Display / Kamera	⊖ / ⊖	⊖ / ⊖	⊕ / ○	○ / ⊖	⊕ / ⊖
Software ¹ / Ausstattung	○ / ○	○ / ○	⊖ / ○	⊕ / ○	⊖ / ○
Preis	180 €	145 € (64 GByte), 155 € (128 GByte)	200 € (6/128 GByte), 220 € (8/128 GByte)	140 € (3/32 GByte), 165 € (4/64 GByte), 175 € (4/128 GByte)	155 € (4/64 GByte), 165 € (4/128 GByte), 190 € (6/128 GByte)

¹ bewertet werden Updates, Features, Bloatware, etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht



Radikale Minimalisten

Sechs Tastenhandys mit KaiOS, S30+ und Android Go ab 70 Euro

Sie sind keine Smartphones und können doch mehr als spartanische Einfachhandys – zum Beispiel WhatsApp, Facebook und Sprachbedienung. Zu Preisen ab 70 Euro sind Featurephones für manche Menschen schon genug.

Von Steffen Herget

Wie viel Smartphone oder Handy muss es eigentlich sein? Braucht es wirklich ein voll ausgestattetes Gerät oder reicht es, per Telefon, SMS und zusätzlich via Messenger erreichbar zu sein? Vielleicht noch mit einer Prise Social Media und einem Browser dazu, der unterwegs nützliche Infos liefert, etwa über Cafés und Restaurants im Umkreis oder die nächste Zugverbindung? Wer hier mehr als einmal zustimmt, könnte auch mit einem Featurephone mit Tasten und einer Handvoll Apps zufrieden sein – und bei Preisen ab 70 Euro noch ein paar hundert Euro gegenüber Smartphones sparen.

Unter den sechs Testkandidaten finden sich gleich vier von Nokia. Für diese Ansammlung gibt es einen guten Grund:

Kaum ein anderer Hersteller setzt in seinem Sortiment so stark auf klassische Handys als Alternative zum Smartphone, entsprechend groß ist die Auswahl. Wir haben das robuste Nokia 800 Tough, das Klapphandy 2720 Flip sowie das schlanke 6300 4G mit KaiOS ausgewählt, dazu das Nokia 8210 4G mit dem Betriebssystem S30+. Hinzu kommen zwei Klapphandys von Emporia und Gigaset, das TOUCHsmart.2 und das GL7. Beide sind als Seniorenhandys konzipiert und tragen einen eigenen Notruftaste an der Rückseite. Bei Gigaset läuft ebenfalls KaiOS als Betriebssystem, bei Emporia Android Go.

KaiOS ist ein Kind vieler Väter: Betrieben von einem Unternehmen in Hongkong, hervorgegangen aus B2G OS und

dessen Stammhalter Firefox OS, finanziell unterstützt von Google und TCL, zusätzlich gepusht von der Mozilla Foundation. Die Software ist auf die Verwendung mit Tastenhandys ausgelegt und problemlos ohne Touchscreen zu steuern. Der App-Store umfasst etwa 1200 Anwendungen, darunter viele, die man auch auf Smartphones findet, wie etwa WhatsApp, Twitter, Facebook und Google Maps. KaiOS spielt in Deutschland zwar nur eine verschwindend kleine Nebenrolle, erfreut sich in Ländern wie Indien aber größerer Beliebtheit und hat eine durchaus engagierte Community um sich versammelt. Updates erscheinen in unregelmäßigen Abständen.

Während Google als Investor an KaiOS beteiligt ist, hat es mit Android Go gleichzeitig eine eigene Plattform für spartanisch ausgestattete Einsteigerhandys im Angebot. Android Go ist eine stark abgespeckte und flexibel anpassbare Version des Google-Betriebssystems, ausgelegt auf Geräte mit maximal 2 GByte Arbeitsspeicher. Android-Go-Telefone gibt es seit 2018. Aktuell ist die Version Android 13 Go, doch es werden nach wie vor Modelle mit deutlich älteren Versionen verkauft. Dazu gehört auch das Emporia TOUCHsmart.2, das noch das fünf Jahre alte Android 8.1 Go als Basis verwendet, allerdings in einer stark veränderten und eingeschränkten Variante. Die Oberfläche besteht aus einem nackten Homescreen, bei dem der Nutzer nur das Hintergrundbild verändern kann, und einem Hauptmenü mit nur einer Unterseite für weitere Apps. Vom bekannten Android ist bis auf ein paar Systemdialoge nichts zu sehen. Nicht einmal eigene Apps darf man auf dem Emporia-OS installieren, obwohl Android Go diese Möglichkeit eigentlich vorsieht.

Das simpelste Betriebssystem in diesem Vergleich kommt von Nokia und heißt

So sieht ein durchschnittliches Foto aus einem der Featurephones aus, in dem Fall vom Nokia 2720 Flip. Für Fotografen taugen diese Geräte nicht.



S30+, welches vor zehn Jahren das bekannte Series 30 ablöste. Die Optik von S30+ ähnelt der des Vorgängers stark, der Unterbau jedoch wurde komplett neu entwickelt. S30+ ist ein geschlossenes System und fußt auf J2ME-Anwendungen. Einen Store oder die Möglichkeit, Apps per Hand zu installieren, haben S30+-Handys nicht.

Weniger ist nichts

Die Hardware der Featurephones ist noch einmal eine ganze Ecke schwächer als bei den günstigen Smartphones für Einsteiger. Die Hälfte der Geräte wird von einem Qualcomm Snapdragon 205 angetrieben, der Dual-Core-Prozessor erreicht eine maximale Taktfrequenz von 1,1 GHz. Ebenso schnell ist der Snapdragon 210 im Nokia 6300, der aber immerhin vier Rechenkerne mitbringt. Das Nokia 8210 markiert die untere Leistungsgrenze mit seinem 1 GHz schnellen Single-Core-Chip von Unisoc, während der Mediatek MT6739 im Emporia-Handy mit 1,5 GHz und vier Kernen am schnellsten läuft. Die Standardgröße beim internen Speicher beträgt mickrige 4 GByte, mit Ausreißern

nach oben (Emporia, 8 GByte) und unten (Nokia 8210, 128 MByte). Immerhin bieten alle sechs Geräte Platz für eine MicroSD-Karte zur Erweiterung. Einzig das TOUCHsmart.2 ist auch mit WLAN auf einer Frequenz von 5 GHz kompatibel, der Rest beherrscht nur 2,4 GHz. Unrühmliche Ausnahme: Beim 8210 hat Nokia das WLAN-Modul gleich ganz gestrichen, hier ist man auf LTE-Netze und mobile Daten angewiesen.

Das TOUCHsmart.2 hat mit einer Diagonale von 3,25 Zoll noch den größten Bildschirm mit der höchsten Auflösung (854 × 480 Pixel) und lässt sich als einziges – der Name verrät es bereits – mit den Fingern bedienen, wenn man die Tasten leid sein sollte. Die fünf anderen messen jeweils 2,4 oder 2,8 Zoll und stellen Inhalte mit halber VGA-Auflösung dar. Diese 320 × 240 Pixel sieht man ihnen an, die grobkörnige Darstellung mit weniger als 200 dpi ist man von Smartphones seit Jahren nicht mehr gewöhnt.

Noch mehr als die Auflösung stört nur die mangelhafte Blickwinkelstabilität. Schaut man auch nur leicht schräg auf die Winzlinge, verzerren sofort die Bilder, die Farben wechseln munter hin und her und Schrift wird unleserlich. Auch diesbezüglich schlägt sich das Emporia-Display deutlich besser als der Rest. Automatische Helligkeitsregelung ist durch die Bank Fehlanzeige, KaiOS bietet sogar nur vier Stufen. In heller Umgebung sind alle nur schwer ablesbar. Die drei Klapphandys tragen auf der Vorderseite jeweils ein zweites Mini-Display spazieren, das kaum mehr macht, als die Uhrzeit anzuzeigen.

Die Bedienung von KaiOS, dem optisch nahezu identischen S30+ sowie



Emporia und Gigaset packen Ladeschalen mit in die Kartons, das erspart die Fummelei mit dem USB-Kabel.



Emporia TOUCHsmart.2

Es ist gar nicht so leicht zu erkennen, dass aus dem Klapphandy von Emporia Android Go läuft. Die Version allerdings ist uralt: Android 8.1 Go wurde Ende 2017 vorgestellt, im Oktober 2021 endete der Support. Der Hersteller hat das System nicht nur optisch stark angepasst, sondern auch komplett vernagelt: Eigene Apps lassen sich nicht installieren, auch nicht aus apk-Dateien, eine Store gibt es nicht. Emporia gewährt die Auswahl zwischen Signal, Telegram oder WhatsApp als Chat-App – aber man kann nicht alle parallel benutzen, sondern muss sich für eine entscheiden.

In Sachen Hardware steht das touchSMART2 eine ganze Stufe über den anderen fünf Kandidaten. Das beste Display, sogar mit Touch-Bedienung, und der schnellste Prozessor mit dem großzügigsten Speicher, eine Kamera mit immerhin 8 Megapixel und Wi-Fi 5 setzen das Telefon nicht nur auf dem Papier an die Spitze, sondern machen es auch alltagstauglicher und angenehmer zu bedienen. Verglichen mit dem direkten Konkurrenten Gigaset GL7 steckt die Technik noch dazu in einem schickeren und besser verarbeiteten Gehäuse. Emporia liefert eine zweite hintere Abdeckung ohne den SOS-Knopf mit, falls man diesen nicht benötigt. Ein langer Druck auf diese Taste kontaktiert den Notruf 112.

- ↑ beste Hardwareausstattung
- ↑ WhatsApp, Telegram und Signal
- ↓ Uralt-Android ohne App-Store

Preis: 120 Euro



Gigaset GL7

Das Gigaset GL7 ist für Senioren konzipiert, und das sieht man ihm an. Groß beschriftete und ausladende Tasten mit genügend Abstand zueinander, die man stets sicher trifft, und ein SOS-Knopf an der Rückseite gewährleisten ordentlichen Bedienkomfort. Nur die Lautstärkekнопfe an der rechten Seite sind arg klein und fummelig geraten. Die Technik steckt in einem knarzigen und schmucklosen Plastikgehäuse, das arg lieblos wirkt. Der SOS-Knopf ist standardmäßig ausgeschaltet und will zunächst aktiviert werden. Gigaset kontaktiert nicht direkt die Notrufzentrale, sondern ruft einen von bis zu fünf hinterlegten Kontakten an.

Auffällig: Bei aktivem WLAN und eingelegter SIM-Karte saugt das GL7 allzu gierig am Akku, und das bereits beim bloßen Herumliegen. Nach drei Tagen im Standby-Betrieb war der Akku in der Regel ratzeputz leer – das Handy ruht lieber in der beiliegenden Ladeschale mit Stromzufuhr. Gigaset gestaltet den Homescreen von KaiOS anders als Nokia und bringt dort die Icons für fünf häufig verwendete Apps unter. Die lassen sich ohne Umweg über das Hauptmenü starten. Während die Schriften auf dem Homescreen ebenso klein ausfallen wie bei den Nokia-Handys, ist das Hauptmenü größer beschriftet und damit übersichtlicher.

- ↑ ausladende Tasten
- ↑ Notruftaste und Ladeschale
- ↓ hoher Akkuverbrauch im Standby

Preis: 110 Euro



Nokia 800 Tough

Der Beiname „Tough“ macht es deutlich: Das Nokia 800 ist für die raue Gangart gerüstet. Als einziges Modell im Vergleich mit einem IP68-Stempel verlangt es auch bei Nässe und im Dreck nicht nach besonderem Schutz. Wer sein Handy regelmäßig solchen Gefahren aussetzt, sollte dringend darauf achten, dass die Schutzkappen über USB- und Kopfhöreranschluss sowie die Schublade für SIM- und Speicherkarte geschlossen sind. Die große und stabile Öse an der Unterseite bietet sich für eine Halteschleife oder einen Karabiner an, um das Telefon an der Kleidung oder am Rucksack zu befestigen.

Ein Tribut an das abgekapselte Gehäuse ist der zwar kräftige, aber fest verbaute Akku – ein Nachteil gegenüber den anderen fünf Handys. Das mit einer Diagonale von 2,4 Zoll winzige Display ist so unansehnlich wie bei allen anderen (außer Emporia), vor allem von schräg oben betrachtet ist es kaum ablesbar. Die Kamera knipst mit mageren 2 Megapixeln, das reicht in diesem Vergleich aber sogar für einen Platz im Mittelfeld. Die dedizierte Taschenlampe an der Oberseite entpuppte sich als trübe Funzel, dafür ist der große Lautsprecher auf dem Rücken lauter als bei den anderen Modellen im Testfeld.

- ↑ IP68-Zertifizierung
- ↑ kräftiger Lautsprecher
- ↓ Akku nicht wechselbar

Preis: 130 Euro



Nokia 2720 Flip

Das Auge telefoniert mit: Das 2720 Flip wirkt weder so brutal retro wie die anderen drei Nokia-Handys noch altbacken wie Emporia und Gigaset. Das sehr kompakte und leichte Klapphandy mit dem Zwei-Farben-Design sieht irgendwie zeitlos modern aus und ist sauber verarbeitet. Das vordere Mini-Display zeigt Uhrzeit und Datum, innen hat ein 2,8-Zoll-LCD seinen Platz. Die Zifferntastatur ist zwar komplett flach gehalten, die großen Tasten trifft man aber trotzdem zielsicher. Wer nicht tippen mag, drückt doppelt oder lang auf den Knopf an der rechten Seite, dann steht der Google Assistant Gewehr bei Fuß und wartet auf Sprachbefehle. Das Material ist zweckmäßig, die Verarbeitung gelungen und das satte Geräusch beim Zuklappen lässt Erinnerungen an die vielleicht nicht immer gute, aber auf jeden Fall alte Handyzeit aufkommen.

Arg zahm geht der Lautsprecher des 2720 Flip zu Werke, da verpasst man schnell mal einen Anruf. Wie das 800 Tough und das 6300 4G hat auch das Flip eine Schnellstarttaste links neben dem Steuerkreuz, die man selbst mit der gewünschten Funktion belegen darf. Kamera, Bildschirm und auch die Software kommen aus dem Feature-phone-Baukasten und unterscheiden sich zwischen den Nokia-Handys mit KaiOS nur in Nuancen.

- ↑ kompaktestes Flip-Phone
- ↑ zeitloses Design
- ↓ leiser Lautsprecher

Preis: 110 Euro



Nokia 6300 4G

Will man das Nokia 6300 4G einschalten, muss man zunächst auf die Suche gehen: Keiner der Knöpfe an der Vorderseite weckt das Handy auf, das schafft nur ein unscheinbarer, Grau in Grau gehaltener kleiner Knopf oben auf dem Gerät. Die Taste ragt nur minimal aus dem Gehäuse heraus und ist mit den Fingern schlecht zu erfühlen. Das gilt auch für die Tasten des Ziffernblocks, die sind wie beim 2720 Flip komplett flach, aber jeweils nur halb so groß – vor allem für ältere Menschen möglicherweise ein Problem. Immerhin: Steuerkreuz und obere Bedientastatur sind erhöht ausgeführt und liegen recht weit auseinander, damit kamen wir gut zurecht. Die zwei SIM-Karten und die MicroSD haben unter dem Wechselakku ihren Platz.

Das Nokia 6300 4G hat das gleiche schlechte Display wie seine Brüder. Sein Herz schlägt jedoch mit doppelter Kraft: Der Snapdragon 210, den der Hersteller hier einbaut, hat immerhin vier Rechenkerne, der Snapdragon 205 nur zwei. Das merkt man im direkten Vergleich daran, dass Apps ein klein wenig schneller starten. Entscheidende Vorteile im Alltag ergeben sich daraus aber nicht. Bei der Kamera hat Nokia arg gespart, sie hat gerade einmal VGA-Auflösung und taugt nicht einmal für Schnappschüsse.

- ↑ Quad-Core-Prozessor
- ↓ Tasten schlecht zu fühlen
- ↓ Power-Button schlecht platziert

Preis: 70 Euro



Nokia 8210 4G

Immer auf die Kleinen! Das Nokia 8210 hat es in diesem Vergleich besonders schwer, und das liegt vor allem an der Software. Nokias Betriebssystem S30+ kann es in Sachen Funktionsumfang nicht mit Android Go und KaiOS aufnehmen, im Gegenteil. Einzig durch die Facebook-App sticht es aus der Masse der simplen Billghandys hervor. Einen Store zur Erweiterung gibt es ebenso wenig wie eine engagierte Community à la KaiOS.

Da hilft es auch nicht, dass Nokia noch dazu an der Hardware gespart hat. Das 8210 hat kein WLAN, kein GPS, nur eine VGA-Kamera und gerade einmal 128 Megabyte internen Speicher. Die Displayhelligkeit lässt sich zwar in sieben Stufen einstellen, bleibt aber in der niedrigsten mit über 50 cd/m² so hoch, dass man im Dunklen geblendet wird. Immerhin, die Tastatur ist trotz der recht kleinen Tasten besser zu bedienen als die im Nokia 800 Tough oder 2720 Flip, und es passen neben der dringend benötigten Speicherkarte zwei SIM-Karten rein, die im 4G-Netz funken. Ein kleines Goodie hat das 8210 noch in petto: Es ist das einzige Handy im Test, dessen FM-Radiomodul auch ohne angeschlossenen Kopfhörer als Antenne funktioniert. Trotzdem: Da kann man auch gleich ein ganz einfaches Tastenhandy fürs halbe Geld kaufen, viel weniger Funktionen findet man dort auch nicht.

- ↑ gute Tastatur
- ↓ kaum Apps, kein Store
- ↓ keine Google-Dienste

Preis: 80 Euro

23.03.



Einführung in GitLab

Dieser Workshop bietet einen Einstieg in den Betrieb einer eigenen Instanz der Entwicklungsplattform. Sie lernen sowohl, wie Sie GitLab initial aufsetzen, als auch wie Sie Ihre GitLab-Instanz konfigurieren und optimal an die eigenen Anforderungen anpassen

29.03.



Einführung in den Kea DHCP Server

Der Workshop gibt eine vollständige Einführung in die neue Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen, wie man das Kea-DHCP-System installiert, konfiguriert und wartet.

30.03.



CI/CD mit GitLab

Die Entwicklungsplattform GitLab bietet umfangreiche Continuous-Integration-Funktionen. Der Workshop bietet eine praktische Einführung in die GitLab-CI-Tools und zeigt, wie man damit Softwareprojekte baut, testet und veröffentlicht.

09. – 10.05.



Docker und Container in der Praxis

Der Workshop richtet sich an Entwickler und Administrierende, die neu in das Thema einsteigen. Neben theoretischem Wissen über Container geht es um die Herausforderungen im Alltag und eigene Container-Erfahrungen auf der Kommandozeile.

09./11.05.



IT-Security für Alle

An zwei Nachmittagen werden allgemeinverständlich die Grundlagen der Sicherheit im Netz vermittelt. Außerdem gibt es praktische Tipps rund um Datensicherheit und -schutz im digitalen Raum, die einfach im Alltag umgesetzt werden können.

20. – 21.11.

SECURITY
CHECK



Dienste mit SELinux absichern

SELinux einfach abzuschalten, wenn es Probleme gibt, ist üblich, aber unklug. Der zweitägige Workshop zeigt Ihnen, wie man das System stattdessen so nutzt, dass alles besser abgesichert ist und trotzdem funktioniert.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

www.heise-events.de/workshops



Der Startbildschirm des Gigaset GL7 mit KaiOS hält einige wichtige Apps direkt parat, die man mit dem Steuerkreuz starten kann. Bei den Nokias muss man für alles zuerst ins Hauptmenü.

Emporias Android-Go-Spielart klappt mit den guten, alten Tasten nach einer kurzen Eingewöhnung zielsicher. Das Vier-Wege-Steuerkreuz ist der beste Freund, die Navigation geht so schnell in Fleisch und Blut über, dass wir im Test selbst auf dem Touch-Handy kaum mit dem Finger herumgetippt haben. Bei den vier Nokias liegen alle Apps im Hauptmenü, das mit einem Druck auf die zentrale Taste im Steuerkreuz erscheint. Gigaset hat den Homescreen clever angepasst und platziert direkt dort fünf Anwendungen, was die Zahl der notwendigen Klicks reduziert.

So einfach die Bedienung ist, so mühsam gerät das Tippen. Zwar kommt die Erinnerung an das Herumgetippe auf den alten T9-Tastaturen schnell wieder, doch alles Muskelgedächtnis in den Fingern hilft nichts: Da ist eine moderne Touchscreen-Tastatur meilenweit überlegen. Doch zumindest unter KaiOS kann man sich vom Betriebssystem ein wenig unter die Arme greifen lassen: mit Sprachbedienung über den Google Assistant. Klar, die reagiert mit den langsamen Prozessoren auch ein wenig träge und funktioniert nicht überall, aber es geht immer noch schneller als das Tippen einzelner Buchstaben und Sonderzeichen durch mehrmaliges Drücken auf fummeligen Minitasten. Unter Android Go bei Emporia taugt der Sprachassistent derweil nur zur akustischen Bestätigung einiger Funktionen wie beim Eintreffen einer SMS, einem

eingehenden Anruf oder der Aktivierung des Notrufes.

KaiOS: Gut gefüllter App-Store

Was Apps angeht, überragt KaiOS die beiden anderen Plattformen auf dem TOUCHsmart.2 und dem Nokia 8210. Die machen es KaiOS aber auch einfach: Sie haben weder App-Stores noch die Möglichkeit, Anwendungen manuell zu installieren. Mit den KaiOS-Handys stehen nicht nur bei WhatsApp, Facebook und Twitter die Türen offen, auch Google Maps, der Google Assistant und Google Duo locken.

Es gibt allerdings bei den bekannten Apps trotz gleicher Namen deutliche Unterschiede zwischen den Varianten auf Smart- und Featurephone. Beispielsweise fehlen WhatsApp auf KaiOS Funktionen wie Videotelefonie, Unterstützung für GIF-Bildchen und jegliche Option zur Sicherung der eigenen Chats. Neues Handy heißt also: von vorne anfangen. Um in Kontakt zu bleiben und über den weit verbreiteten Messenger erreichbar zu sein, reicht das aber aus.

Für S30+ gibt es keine Messenger, einzig die Facebook-App schiebt das Nokia 8210 ein kleines bisschen in die Richtung von Social Media und moderner Kommunikation. Emporia wiederum hat neben WhatsApp auch Signal und Telegram als Alternativen im Angebot, allerdings nicht alle zugleich: Man muss sich für einen der drei Dienste entscheiden.

Die Mobilbrowser auf den Handys haben mit modernen Websites ihre liebe Mühe, immer wieder hakt es hinten und vorne mit der korrekten Anzeige der Inhalte. Die Ladezeiten sind auf allen Geräten unangenehm lang. Beim Browsen wird meist ein winziger Mauszeiger eingeblendet, den man dann in kleinen Hopsern mit dem Steuerkreuz über das Display schiebt. Spaß macht das alles nicht, aber im Notfall ist es besser als nichts.

Freudloser Pixelgeiz

Wer eine vernünftige Kamera in seinem Handy braucht, findet sie in dieser Geräteklasse nicht. Ansehnliche Fotos in akzeptabler Auflösung schießt erst die Einstiegsklasse, siehe Seite 60. Mit den Knipsen der beiden Nokia-Modelle 6300 und 8210 ist gar nichts anzufangen, sie bringen es gerade mal auf VGA-Auflösung. Auf den 2-Megapixel-Schnappschüssen der restlichen KaiOS-Handys kann man immerhin etwas erkennen. Die Fotos der beiden No-

kia-Handys 2720 Flip und 800 Tough hinterlassen bei identischer Auflösung einen weitaus besseren Eindruck als die des Gigaset GL7, die völlig verwaschene Konturen aufweisen. Die beiden Nokias schaffen es sogar, am bewölkten Himmel über dem Heise-Verlagsgebäude Wolkenstrukturen sichtbar zu machen, die die 8-Megapixel-Kamera des Emporia nicht einfängt. Deren Bilder sind insgesamt aber trotzdem besser, sie zeigen mehr Details und geben die Farben natürlicher wieder. Selfie-Fans sind hier komplett fehl am Platz.

Zumindest einen kleinen Vorteil können die miesen Kameras aber bringen: Man knipst nicht ständig sinnlos in der Gegend herum. Weil die Geräte zudem viel weniger Apps und Funktionen haben als ein Smartphone und insbesondere viele Social-Media-Dienste fehlen, reduziert sich die Ablenkung durch das Telefon im Alltag enorm. Es trudeln viel weniger Aufmerksamkeit heischende Benachrichtigungen auf den Tastenhandys ein, die eingeschränkten Browser laden kaum zum langen, ziellosen Surfen ein und auf YouTube verdaddelt man mit den Mini-Displays ebenfalls kaum Zeit. Das Gesamterlebnis wirkt wie eine sanfte Form des Digital Detox: Man ist zwar erreichbar, sowohl telefonisch als auch auf dem einen oder anderen Messenger oder manchen Social-Media-Plattformen, man kann notfalls etwas im Netz nachschlagen, aber die Geräte saugen viel weniger stark am individuellen Zeit- und Aufmerksamkeitsbudget.

Akku zum Schleuderpreis

An die legendären, kaum in die Knie zu zwingenden Akkus früherer Nokia-Handys kommen die der Featurephones nicht ganz heran. Trotzdem laufen die Geräte in aller Regel deutlich länger als moderne Smartphones. Mit einer gehörigen Portion Standby-Betrieb sind bei allen Kandidaten Laufzeiten von ein bis anderthalb Wochen – ja, Wochen, nicht Tagen – drin, erst dann müssen sie an die Steckdose. Eine Einschränkung gibt es allerdings: Lässt man tagaus, tagein WLAN und Bluetooth eingeschaltet und hat zudem eine aktive SIM in seinem Handy, geht der Akku viel schneller in die Knie. Besonders stark fiel das im Test beim Gigaset GL7 auf, das mehrmals heimlich, still und leise beim Herumliegen den Akku ausgesaugt hatte und dann komplett leer war, als wir danach griffen.

Zum Aufladen verlangen alle nach einem Kabel. Bei Nokia herrschen noch

immer die alten Micro-USB-Buchsen vor, Emporia und Gigaset verwenden USB-C. Die beiden Klapphandys sind jedoch erstaunlich zickig: Hier funktionierten diverse Kabel und Netzteile im Test nicht, am besten fährt man mit dem Originalzubehör. Dazu gehört bei beiden eine Ladeschale, in der man das Handy aufladen kann, ohne jedes Mal das Kabel einstöpseln zu müssen. Bis auf das fest geschlossene Nokia 800 Tough tragen alle klassische Wechselakkus im Bauch, die in Sekundenschnelle getauscht sind. Mit etwa 7 Euro für beispielsweise das Nokia 6300 4G sind die Wechselakkus noch dazu spottbillig.

Fazit

Bei der Überlegung, sich ein Featurephone anzuschaffen, sollte man sich keinen Illusionen hingeben: Hier bekommt man für

kleines Geld das absolute Minimum an Funktionen, verbunden mit komplizierter Bedienung und massiven Schwächen beim Umgang mit modernen Medieninhalten und Websites. Die Tastentipperei ist bei allem, was über kurze Textnachrichten hinausgeht, eine mühselige Angelegenheit, Displays und Kameras sind größtenteils schlecht.

Dafür kosten diese Telefone aber auch noch einmal weniger als Einstiegersmartphones. Um außer per SMS und Telefon auch via Messenger erreichbar zu sein, genügen die Geräte mit KaiOS und Android Go, also Emporia, Gigaset und die Modelle 800, 2720 und 6300 von Nokia; mit dem 8210 auf Basis von S30+ kann man zumindest bei Facebook reinschnuppern. Besonders wichtig für alle, die den guten, alten Handyzeiten mit Aufladen

alle ein, zwei Wochen nachtrauern: Die Akkus halten extrem lange und sind fast überall austauschbar.

Die größte App-Auswahl bietet KaiOS, die Modellwahl kann man getrost am eigenen Geschmack festmachen: Das Nokia 2720 Flip sieht schick aus und ist kompakt, das Gigaset GL7 hat einen Notrufknopf und praktische Schnellstart-Apps. Das Nokia 800 Tough verträgt die raue Gangart, während das schlanke 6300 in jede Tasche flutscht – nur fotografieren sollten Sie damit lieber nicht. Das Nokia 8210 4G mit S30+ ist arg spartanisch, da kann man auch gleich zum noch billigeren Einfachhandy greifen. Emporia ist dann die erste Wahl, wenn es außer Touchbedienung als Tastenalternative auch eine Auswahl der drei bekanntesten Messenger sein soll.

(sht@ct.de) **ct**

Feature-Phones

Modell	Emporia TOUCHsmart.2	Gigaset GL7	Nokia 800 Tough	Nokia 2720 Flip	Nokia 6300 4G	Nokia 8210 4G
Hersteller, URL	Emporia, emporia.eu	Gigaset, gigaset.com	Nokia, nokia.com	Nokia, nokia.com	Nokia, nokia.com	Nokia, nokia.com
Betriebssystem	Android 8.1 Go	KaiOS 2.5.3.2	KaiOS 2.5.2.2	KaiOS 2.5.2	KaiOS 2.5.4	S30+
Ausstattung						
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Mediatek MT6739 / 4 × 1,5 GHz / PowerVR GE8100	Qualcomm Snapdragon 205 / 2 × 1,1 GHz / Adreno 304	Qualcomm Snapdragon 205 / 2 × 1,1 GHz / Adreno 304	Qualcomm Snapdragon 205 / 2 × 1,1 GHz / Adreno 304	Qualcomm Snapdragon 210 / 4 × 1,1 GHz / Adreno 304	Unisoc T107 / 1 × 1 GHz / –
Flash-Speicher / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / ✓ (MicroSD)	4 GByte / ✓ (MicroSD)	4 GByte / ✓ (MicroSD)	4 GByte / ✓ (MicroSD)	4 GByte / ✓ (MicroSD)	128 MByte / ✓ (MicroSD)
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert	– / ✓ / 1 × nanoSIM / 0,08 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM / 0,16 W/kg	– / ✓ / 1 × nanoSIM / 1,46 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM / 1,03 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM / 1,09 W/kg	– / ✓ / 2 × nanoSIM / 0,98 W/kg
WLAN / Bluetooth / NFC / Standort / UKW-Radio	Wi-Fi 5 / 4.2 / – / GPS, Glonass / ✓	Wi-Fi 4 / 4.2 / – / GPS, Glonass / ✓	Wi-Fi 4 / 4.1 / – / GPS, Glonass / ✓	Wi-Fi 4 / 4.2 / – / GPS, Glonass / ✓	Wi-Fi 4 / 4.0 / – / GPS, Glonass / ✓	– / 5.0 / – / – / ✓
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Notruftaste / Taschenlampe	USB-C / ✓ / ✓ / ✓	USB-C / ✓ / ✓ / –	Micro-USB / ✓ / – / ✓	Micro-USB / ✓ / – / –	Micro-USB / ✓ / – / –	Micro-USB / ✓ / – / ✓
Signal / Telegram / WhatsApp	✓ / ✓ / ✓ ¹	– / – / ✓	– / – / ✓	– / – / ✓	– / – / ✓	– / – / –
Facebook / Google Maps / YouTube	– / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –
Akku / drahtlos ladbar / wechselbar	1400 mAh / – / ✓	1400 mAh / – / ✓	2100 mAh / – / –	1500 mAh / – / ✓	1500 mAh / – / ✓	1450 mAh / – / ✓
Abmessungen offen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	21,3 cm × 5,7 cm × 1,2 cm / 131 g / IP54	22,1 cm × 5,8 cm × 1,2 cm / 145 g / –	14,5 cm × 6,2 cm × 1,6 cm / 158 g / IP68, MIL-STD 810G	19,3 cm × 5,5 cm × 1,2 cm / 117 g / –	13,1 cm × 5,3 cm × 1,4 cm / 104 g / –	13,1 cm × 5,6 cm × 1,4 cm / 106 g / –
Abmessungen geschlossen (H × B × T)	11,4 cm × 5,7 cm × 2,1 cm	1,17 cm × 5,8 cm × 2,4 cm	–	10,5 cm × 5,5 cm × 1,9 cm	–	–
Besonderheiten	M4/T4-Hörgeräte kompatibel, Ladeschale, zweite hintere Abdeckung	Ladeschale	Öse für Halteschleife	–	–	–
Displays						
Hauptdisplay Diagonale / Technik / Touch	3,25 Zoll / LCD / ✓	2,8 Zoll / LCD / –	2,4 Zoll / LCD / –	2,8 Zoll / LCD / –	2,4 Zoll / LCD / –	2,8 Zoll / LCD / –
Auflösung (Pixel) / Helligkeitsregelbereich	854 × 480 Pixel (301 dpi) / 0,78 ... 311 cd/m²	320 × 240 Pixel (143 dpi) / 12,17 ... 368 cd/m²	320 × 240 Pixel (167 dpi) / 10,85 ... 302 cd/m²	320 × 240 Pixel (143 dpi) / 13,65 ... 366 cd/m²	320 × 240 Pixel (167 dpi) / 11,17 ... 291 cd/m²	320 × 240 Pixel (143 dpi) / 50,4 ... 308 cd/m²
Zweitdisplay Diagonale / Technik / Auflösung / Touch	1,54 Zoll / LCD / 240 × 240 Pixel / –	1,7 Zoll / LCD / 160 × 120 Pixel / –	–	1,3 Zoll / LCD / 240 × 240 Pixel / –	–	–
Kameras						
Hauptkamera Aufl. / Blitz	8 MP / ✓	2 MP / ✓	2 MP / ✓	2 MP / ✓	0,3 MP / ✓	0,3 MP / –
Frontkamera Auflösung	2 MP	–	–	–	–	–
Bewertung						
Verarbeitung / Akku	⊕ / ○	⊖ / ○	⊕ / ⊕	⊕ / ○	○ / ○	○ / ⊕
Display / Kamera / Tastatur	⊕ / ○ / ○	○ / ⊖ / ⊕	○ / ⊖ / ⊕	○ / ⊖ / ⊕	⊖ / ⊖ / ⊖	⊖ / ⊖ / ○
Software / Ausstattung	⊖ / ⊕	○ / ○	○ / ○	○ / ○	○ / ○	⊖ / ⊖
Preis	120 €	110 €	125 €	110 €	70 €	80 €

¹ nur eine App aktiv, nicht parallel nutzbar ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht

Zwei Turbos optional

Netzwerkspeicher Synology DS723+ getestet

Mit einem Ryzen-Prozessor und bis zu 32 GByte ECC-RAM taugt Synologys kompakter Netzwerkspeicher gut als schnelles Datenlager für kleine Firmen und Selbstständige. Zwei Optionen – NVMe-SSD-Cache und 10-Gigabit-Ethernet – sollen es weiter beflügeln. Ein Turbo zündete im c't-Test sofort, der andere spät.

Von Ernst Ahlers

Schon in der Grundausstattung hat das DS723+ anderen Modellen seiner Klasse eine nützliche Funktion voraus: Sein ECC-Hauptspeicher schützt gegen Datenverfälschungen, indem er Einzelbitfehler im RAM automatisch korrigiert. Die Geschwindigkeit beim Zugriff auf Dateigruppen verschiedener Größen lag im für diese Klasse üblichen Bereich (siehe Tabelle). Bei kleinen Dateien begrenzt die Latenz in den Betriebssystemen den Durchsatz, bei großen die Netzwerkschnittstelle (Gigabit-Ethernet bei rund 115 MByte/s) oder der Massenspeicher (Festplatten bis ungefähr 250 MByte/s).

Das erste Nadelöhr kann man mit der optionalen Erweiterungskarte E10G22-T1-Mini weiten: Sie arbeitet als dritter LAN-Port mit 2,5, 5 oder 10 Gbit/s (Multigigabit-Ethernet alias NBase-T, maximal rund 1100 MByte/s). Das trieb die Geschwindigkeit beim Schreiben aller Dateitypen etwas bis deutlich hoch, beim Lesen spürbar nur bei sehr großen Dateien; dabei kletterte auch die Leistungsaufnahme um rund 5 Watt.

Nun bremsten beim Zugriff auf sehr große Dateien die verwendeten NAS-Festplatten. Dieses zweite Nadelöhr wollten wir mit einem NVMe-SSD-Cache weiten, wofür im Boden des Geräts zwei M.2-2280-Einbauplätze hinter Klappen warten.

Zwar akzeptierte das Gerät die von uns gewählten SSDs (Samsung 980 Pro, 1 TByte) und richtete in einer RAID-1-Konstellation einen Schreib/Lese-Cache für das Festplattenarray ein, aber wir konnten bei Dateiübertragungen keinen Gewinn messen. Die maximale Geschwindigkeit blieb im Bereich der Plattenleistung.

Langsamer Nachbrenner

Die etwa bei datenbanktypischen, zufälligen Zugriffen wesentlichen Lese- und Schreibvorgänge pro Sekunde (IOPS) stiegen durch einen SSD-Cache bei uns nur allmählich an: Aus anfangs wenigen Hundert IOPS wurden erst nach zehn Benchmark-Durchgängen rund 4600. Bei anderen Geräten trieb der SSD-Cache die IOPS hingegen sofort hoch: An QNAPs ähnlichem TS-264 etwa maßen wir kürzlich eine Verdreißigfachung (c't 6/2023, S. 81); fürs lineare Schreiben und Lesen brachte er aber auch dort kaum etwas.

Mit SATA-SSDs (Samsung 860 Evo 1 TByte) als Hauptdatenträger kam das DS723+ bei uns auf die damit möglichen rund 500 MByte/s. Die IOPS kletterten mit den SATA-SSDs weit über das Festplattenniveau (rund 8000 statt einige Hundert). Lag das Datenvolumen auf einem RAID1-Gespann aus NVMe-SSDs, kamen wir im Maximum auf 800 und 680 MByte (Schreiben/Lesen); Synology nannte uns im eigenen Labor auf andere Weise gemessene 770 und 1180 MByte/s. Die IOPS reichten mit dem NVMe-RAID1 bei uns bis 8400 hoch.



Kräftiger Motor

Der NAS-Prozessor hat mit seinen zwei bis 3,1 GHz getakteten Kernen plus Multi-threading genug Dampf für Verschlüsselung: Mit OpenSSL maßen wir auf einem Kern mit der AES-256-Chiffre schon ohne AES-NI-Befehle 208 MByte/s; die WireGuard-Chiffre Chacha20-Poly1305 meisterte die CPU mit 920 MByte/s. Damit lag der Embedded-Ryzen 1600 des DS723+ mehrere Nasenlängen vor dem Celeron N5095 des QNAP-Geräts (158 MByte/s AES-256 ohne AES-NI, 566 MByte/s bei Chacha20-Poly1305). Mit AES-NI war der Vorsprung kleiner (833 zu 781 MByte/s).

Die von den bestückten Festplatten abhängige Leistungsaufnahme ist der NAS-Performance angemessen. Das ebenfalls plattenabhängige Betriebsgeräusch – bei uns 0,6 sone – bleibt im Büro erträglich, wenn das Gerät nicht direkt

Volume 1 - daten	
In Ordnung	12.8 GB / 10.5 TB 0%
Info	
Dateisystem:	Btrfs
SSD Cache	
Status:	In Ordnung
SSD-Cache-Modus:	Lesen/Schreiben-Cache
Alle Btrfs-Metadaten speichern:	Aktiviert
Cache-Trefferrate:	100%
Cache-Anordnung:	Belegt (4.1 GB), Wiederverwendbar (13 GB) / Insgesamt (250 GB)

Der nachgerüstete SSD-Cache fürs Festplattenarray brachte beim DS723+ erst nach vielen Durchläufen des IOPS-Benchmarks eine signifikante Beschleunigung.

neben dem Bildschirm steht. Bei Zugriffen klackert es wie andere Modelle auch vernehmlich.

Legt das NAS seine Platten nach einer einstellbaren Frist (zehn Minuten bis fünf Stunden) ohne Zugriffe schlafen, dann wird es halb so laut und braucht auch weniger Energie. Wer beispielsweise mit Containern Funktionen wie einen Cloud-server schaffen will, sollte das Gerät gleich mit mehr RAM kaufen.

Fazit

Als Datenlager für kleine Firmen oder anspruchsvolle Heimvernetzer legt das DS723+ gute Performance bei angemessenen Stromkosten auf die Waagschale. Ein M.2-SSD-Cache beschleunigt nach unseren Messungen nur, wenn ständig zufällige Zugriffe auf dieselben Dateien vorkommen und dann auch erst nach einiger Betriebszeit. Die schnelle LAN-Option lohnt sich hingegen sofort und kräftig, wenn man das NAS mit SATA-SSDs betreibt.

(ea@ct.de) **ct**

x86-Netzwerkspeicher für zwei Platten

Typ	Synology DS723+	
Hersteller, URL	Synology, www.synology.de	
Bedienelemente	Ein, Reset, 4 + 2 × 2 Statusleuchten	
Anschlüsse	2 × RJ45 (Gigabit-Ethernet), 1 × eSATA (Erweiterungsgehäuse), 1 × USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s), 1 × PCIe 3.0 ×2	
CPU / RAM	Ryzen R1600 (Dual-Core mit SMT, max. 3,1 GHz) / 2 GByte (ECC, max. 32 GByte)	
getestete Firmware	DSM 7.1.1-42962 Update 3	
Messwerte		
SMB-Durchsatz (W / R, c't-NAS-Bench) mit	2 × ST12000VN0008 (RAID 1)	mit 10-GE-Karte E10G22-T1-Mini
kleine Dateien (1000 × 256 KByte)	38 / 13 MByte/s	61 / 16 MByte/s
mittlere Dateien (100 × 2 MByte)	82 / 25 MByte/s	246 / 43 MByte/s
große Dateien (10 × 400 MByte)	112 / 109 MByte/s	241 / 252 MByte/s
IOPS (DiskSpd 2.1, 12-GByte-Datei, 4K, Rd/Wr=80/20)	510	240
klein ... (verschlüsselte Freigabe)	30 / 12 MByte/s	42 / 17 MByte/s
mittel ... (verschlüsselte Freigabe)	75 / 24 MByte/s	143 / 33 MByte/s
groß ... (verschlüsselte Freigabe)	111 / 109 MByte/s	237 / 246 MByte/s
IOPS (verschlüsselte Freigabe)	440	230
Geräuschentwicklung (idle)	0,6 sone (25,2 dBA)	
Leistungsaufnahme (idle)	21 Watt (39 VA)	26 Watt (49 VA)
jährliche Stromkosten ¹	74 €	91 €
Leistungsaufnahme (ruhende Platten)	9,5 Watt (21 VA)	15 Watt (30 VA)
Geräuschentwicklung (ruhende Platten)	0,3 sone (22,0 dBA)	
Straßenpreis (ohne Platten)	490 €	635 € (mit 10GE-Karte)

¹ idle, bei Dauerbetrieb, 40 Cent/kWh, gerundet

INTEL® CORE™ 12TH/13TH GEN. EMBEDDED HARDWARE-LÖSUNGEN

BRESSNER
A ONE STOP SYSTEMS COMPANY



Nuvo-10208GC



Nuvo-9160GC



Nuvo-9531

embeddedworld2023
Exhibition & Conference
... It's a smarter world.

14.03. - 16.03.2023, Nürnberg Messezentrum

Wir stellen aktuelle Embedded PCs für Sie aus:

Halle/Stand: 1-236

www.bressner.de

WLAN-Verlängerer

Fritz-Repeater 3000 AX für Wi-Fi 6 getestet und verglichen



Mit dem Modell 3000 AX hat AVM das Loch zwischen dem „kleinen“ Wi-Fi-6-Repeater 1200 AX und dem teuren 6000er geschlossen. Wir haben den Neuling durchgemessen und ordnen ihn ein.

Von Ernst Ahlers

Wer sein Fritzbox-WLAN mit einem Wi-Fi-6-Repeater bis in die letzte Wohnungsecke ausdehnen wollte, hatte bis vor Kurzem bei AVM nur die Wahl zwischen dem günstigen Fritz-Repeater 1200 AX mit zwei 2-Stream-Funkmodulen (Test in c't 7/2022, S. 76) und dem teuren 6000er-Modell (c't 11/2021, S. 82), das mit drei 4-Stream-MIMO-Funkmodulen protzt. Dazwischen hat AVM den Fritz-Repeater 3000 AX platziert. Er soll jene locken, denen der 1200 AX für ihre 4-Stream-Fritzbox zu wenig Leistung verspricht, aber das große Schwestermodell zu teuer ist.

Der wesentliche Unterschied zwischen 6000er und 3000 AX: Letzterer hat für die Clientanbindung 2-Stream-Funkmodule, was in den allermeisten Fällen genügt. Zum Router hin nimmt der 3000 AX über ein 4-Stream-Modul Kontakt auf. Anders als der Fritz-Repeater 6000 kann er über seine 5-GHz-Module auch mit einem extrabreiten 160-MHz-Signal funken, was den Durchsatz gegenüber dem regulären 80-MHz-Betrieb verdoppelt – falls die Clients das auch können. Wir haben die drei Wi-Fi-6-Repeater mit aktueller Firmware in drei Situationen getestet (Access-Point, Mesh-Repeater mit einer Fritzbox 7590 AX und Mesh-Repeater mit LAN-Verbindung).

Wie seine Geschwister lässt sich der 3000 AX per simplem Connect-Knopfdruck ins Fritz-Mesh einbinden und übernimmt alle relevanten Einstellungen von der Fritzbox. Die Fritz-Repeater funktionieren auch an anderen Routern, aber dann muss man nach der Tastenkopplung eventuell weitere Einstellungen per Browser anpassen, etwa unterschiedliche Funknetznamen für die WLAN-Bänder.

Mit unserem üblichen Wi-Fi-6-Client (Intel AX200 im Asus Vivobook 14) lagen die drei Repeater als Access-Points performancemäßig ungefähr gleichauf (siehe Tabelle). Über 20 Meter durch Wände erreichte der 6000er ein etwas höheres Niveau und zeigte sich tendenziell weniger ausrichtungsabhängig.

Als Mesh-Repeater am 20-Meter-Punkt zum sechs Meter entfernten Notebook ließ sich der 3000 AX in unserer Testumgebung im 2,4-GHz-Band von beiden überholen. Auf 5 GHz lag er mit dem

1200 AX gleichauf und musste dem 6000er hinterherschauen.

Der größte Unterschied zwischen den drei Fritz-Repeater für Wi-Fi 6 offenbarte sich beim Energiehunger: Der 1200 AX war mit 3,6 Watt Leistungsaufnahme geradezu bescheiden. Der 3000 AX gönnte sich schon das Doppelte und der WLAN-mäßig opulent ausgestattete 6000er noch einen Schluck mehr, was sich in den Stromkosten niederschlägt.

Fazit

Fürs grüne Gewissen ist der 1200 AX der Fritz-Repeater der Wahl. Doch seine großen Geschwister kann man mit ihrem abgesetzten Steckernetzteil viel leichter für optimales Funken positionieren. Der 6000er hat dem 3000 AX dabei mehr MIMO-Streams voraus, weswegen er in unserer Testsituation auch mehr Datenrate herausholte. So bleibt der 3000 AX ein kostspieliger Kompromiss zwischen maximalem Durchsatz und geringen Energiekosten. (ea@ct.de) **ct**

Fritz-Repeater für Wi-Fi-6-WLAN

Typ	1200 AX	3000 AX	6000
Hersteller, URL	AVM, www.avm.de		
WLAN	2 × Wi-Fi 6 (2), 600 / 2400 Mbit/s, 160 MHz, WPA3, DFS	3 × Wi-Fi 6 (2/2/4), 600 / 2400 / 4800 Mbit/s, 160 MHz, WPA3, DFS	3 × Wi-Fi 6 (4), 1200 / 2400 / 2400 Mbit/s, WPA3, DFS
Bedienelemente	Connect, 1 Statusleuchte	Connect, 2 Statusleuchten	Connect, 2 Statusleuchten
Anschlüsse	1 × LAN (Gigabit-Ethernet)	2 × LAN (Gigabit-Ethernet)	2 × LAN (2,5 und 1 Gbit/s)
getestete Firmware	7.30	7.41	7.30
WLAN 2,4 GHz I nah / 20 m ¹	350 / 105–215 Mbit/s	416 / 97–244 Mbit/s	404 / 213–291 Mbit/s
5 GHz I nah / 20 m ¹	946 / 126–156 Mbit/s	941 / 71–121 Mbit/s	940 / 133–184 Mbit/s
5 GHz II nah / 20 m ¹	– ²	410 / 184–222 Mbit/s	910 / 233–312 Mbit/s
Backbone-Durchsatz 20 m	450–532 Mbit/s	319–413 Mbit/s	279–402 Mbit/s
Repeater-Durchsatz 26 m 2,4 / 5 GHz ¹	229 / 132 Mbit/s	181 / 137 Mbit/s	265 / 209 Mbit/s
mit LAN-Backbone ¹	180 / 293 Mbit/s	160 / 333 Mbit/s	254 / 333 Mbit/s
Leistungsaufnahme / Stromkosten ³	3,6 Wt (6,7 VA) / 13 €	7,2 W (12,5 VA) / 25 €	8,7 W (18,0 VA) / 31 €
Preis	70 €	165 €	200 €

¹ mit Intel AX200 (Treiber 22.190) und Fritzbox 7590 AX (FritzOS 7.31)

² Fritz-Repeater 1200AX hat nur ein 5-GHz-Funkmodul

³ kein Traffic, kein Ethernet-Port belegt, Stromkosten jährlich bei Dauerbetrieb und 40 Cent/kWh



building IoT

Die Konferenz zu (I)IoT

**26. und 27. April 2023
in München**

Software entwickeln für das (I)IoT

Die Fachkonferenz building IoT ist seit 2016 der Treffpunkt für diejenigen, die Softwareanwendungen und digitale Produkte im Internet der Dinge und im Industrial Internet of Things entwickeln.

Das Programm bietet an zwei Tagen in drei Tracks 36 Vorträge unter anderem zu folgenden Themen:

- ✔ Datenanbindung und -analyse für das IIoT
- ✔ Edge-Computing mit Kubernetes
- ✔ Eclipse Sparkplug in Action
- ✔ Zeitreihendatenbanken für das IoT
- ✔ Maschinenbau trifft auf agile Softwareentwicklung
- ✔ Rust auf dem Mikrocontroller
- ✔ IoT Cybersecurity: EU-Normen-Update

www.buildingiot.de

**Jetzt
Tickets
sichern!**

Veranstalter



 heise Developer

 dpunkt.verlag

Goldsponsor

WAGO

Bronzesponsor


MAIBORNWOLFF

Von Hackern lernen



**+ GRATIS Videokurs
im Wert von 129,- €**

Ganz gleich, ob Sie nur die Sicherheit Ihrer eigenen Websites abklopfen möchten oder beruflich mit IT-Sicherheit zu tun haben. Wer die schmutzigen Tricks der Hacker kennt, kann sich besser davor schützen. Anfänger und Profis lernen in diesem c't-Sonderheft die Grundlagen des Hackens und erfahren wie Hacker ticken.

- ▶ Hacking ausprobieren Schritt für Schritt
- ▶ Informationen gewinnen mit OSINT
- ▶ Malware-Tricks verstehen
- ▶ Recherche- und Analyse-Tools anwenden
- ▶ Inkl. heise-Academy-Kurs: „Angriffsszenarien im Netzwerk“
- ▶ Auch als Heft inkl. PDF-Download mit 29 % Rabatt erhältlich

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-hackingpraxis23

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

ter Schreib- wärmer

**er Übergangszeit steht
der Frage: Großheizung
e Füße? Wir prüfen, ob
Zusatzheizung helfen**

le LV-860 von Sichler, einer des Versandhändlers Pearl, a 20 Zentimetern Durchmesser Höhe von 57 Zentimetern schreibetisch. Im Innern steckt Heizelement, das gleichmäßig wärmt und ohne glühende Heizkörper. Eine Lüftungswalze bläst die wärmte Luft weit in den Raum. In die Säule als Kaltluftgebläse eine von zwei Heizstufen (1200 Watt oder 2000 Watt). Der Vor ist nicht besonders stark wärmt im Sommer also nur für eine Brise. Immerhin arbeitet er leise und die zuschaltbare Mechanik verrichtet ihren Dienst den üblichen Wende-Klick. Der Vor erzeugt schon bei niedriger Leistung einen wohligen warmen

Der Vor lässt sich der LV-860 steuern bedienen. Über das Bedienfeld man Wunschtemperatur, Höhenbewegung des Lüfters und Ausschalt-Timer. Auf zwei kleinen LED-Anzeigen sieht man die Ist- und die Solltemperatur. Der Schalter dicht an der Basis ist der Vor komplett vom Stromnetz. Der Vor lässt sich das Gerät auch steuern, doch erst durch die Verbindung Herstellercloud wird er zum smarten. Pearl nutzt das Tuya-Design für smarte Gerätschaften, der Vor arbeitet aber ebenso gut mit der Tuya/SmartLife zusammen. Anmeldung im WLAN ist einfach.

Die Tuya-App kann man den Lüfterraum zuordnen und ihn an verschiedenen Szenen oder Automatisierungen. Heizstufe, Oszillation und Temperatur stehen zur Wahl. Auch noch der interne Temperatursensoren Trigger für andere Aktionen. Das ist über Alexa oder Google nicht möglich, man kann aber beide Systeme aber im Sprachmodus ein- oder ausschalten.



IFTTT funktionierte im Test ebenfalls als Steuerinstanz. Auch hier fehlt der Temperatur-Trigger und man bleibt auf Ein- und Ausschalten der Heizsäule beschränkt.

Als Bedarfsheizung macht Sichlers LV-860 eine gute Figur. Wegen ihres niedrigen Gewichts von 2,4 kg und der praktischen Tragemulde bringt man die Säule schnell an den gewünschten Ort. Wer die Tuya-Cloud nicht scheut, kann zahlreiche Möglichkeiten zur Automatisierung nutzen, die Integration in andere Systeme ist aber mau. Für das Verheizen überschüssiger Solarenergie eignet er sich nur, wenn man mindestens 1200 Watt für die niedrigste Heizstufe produziert – ein Balkonkraftwerk reicht also nicht.

Wahrscheinlich bekommt man von den aufsteigenden Föhnwinden unter dem Schreibtisch über kurz oder lang eine Bindehautentzündung, aber es fühlt sich einfach so unglaublich angenehm an. Disclaimer: Dieser Text wurde bei einer Raumtemperatur von 12° Celsius mit Unterstützung eines LV-860 bei 1200 Watt Heizleistung verfasst. Die Stromkosten zum Verfassen des Tests betrugen etwa 1 Euro.

(sha@ct.de)

Sichler LV-860

Smarter Heizlüfter	
Hersteller, URL	Sichler, pearl.de
Abmessungen	19 cm × 19 cm × 56,5 cm
App-Unterstützung	Elesion oder Smart Life/Tuya (iOS/Android)
Standby / Betrieb	1,3 W / maximal 2000 W
Preis	130 €



6er-Funkstift

Der USB-Stick EW-7822UMX von Edimax beschert älteren PCs aktuelles Wi-Fi-6-WLAN. Wir haben probegefunkt.

Mit seinem WLAN-Chip RTL8832 reiht sich der Edimax-Stick bei den anderen Wi-Fi-6-Stiften ein (c't 15/2022, S. 98). Im Verlagskeller lieferte er zufriedenstellenden (5 GHz) bis sehr guten Durchsatz (2,4 GHz). Um einen Internetanschluss der 100-Mbit/s-Klasse auszuschöpfen, reichte es in unserer Testumgebung immer. Mit seiner neueren BU-Chipversion zog der Stick besonders im Idle mit 0,1 Watt weit weniger Leistung als die mit der älteren AU-Variante bestückten Konkurrenten (0,9 Watt).

Für Linux-Systeme stellt Edimax einen proprietären Treiber des Chipherstellers Realtek bereit, den man selbst übersetzen muss. Unter Ubuntu 22.04 mit dem Standard-Kernel 5.15 funktionierte der Stick auf Anhieb und zeigte im 5-GHz-Band eine gute Leistung. Auf 2,4 GHz war der Durchsatz aber mit maximal 33 Mbit/s über 20 Meter durch Wände schwach. Da ist wohl für Linux noch etwas Feinarbeit nötig. Windows-Nutzer dürfen zugreifen. (ea@ct.de)

Edimax EW-7822UMX

USB-WLAN-Stick	
Hersteller, URL	Edimax, edimax-de.eu
WLAN	Wi-Fi 6 (2) alias IEEE 802.11ax-600/1200, WPA3, DFS
WLAN 2,4 GHz nah / 20 m ¹	268 / 212–250 Mbit/s
5 GHz nah / 20 m ¹	673 / 80–129 Mbit/s
Leistungsaufnahme an USB	0,1 / 0,4 / 0,9 W (idle / empfangen / senden)
Preis	49 €

¹ unter Windows 11 gegen Asus GT-AXE11000



Schnell und wählerisch

Die Thunderbolt-SSD SanDisk Pro-G40 schaufelt knapp 3 GByte/s über die Leitung und versteht sich auch mit USB-Anschlüssen – aber nicht mit allen.

2 TByte Speicherplatz, robustes Metallgehäuse, Schutz gegen das Eindringen von Staub und Wasser nach IP68 sowie USB-C-Buchse für Thunderbolt und USB 3.2 Gen 2: Auf den ersten Blick hat die SanDisk Pro-G40 alles, was man von einer modernen externen SSD erwartet.

Anfangs verliefen die Tests wie erwartet: Die SSD schaufelt beim Lesen mehr als 2,9 GByte/s über die Thunderbolt-Schnittstelle, beim Schreiben sind es fast 2,6 GByte/s. An der USB-Schnittstelle unseres Testrechners erreicht sie rund 1 GByte/s – den üblichen Wert.

Als wir die Pro-G40 jedoch an eine USB-A-Buchse anschlossen, gab Windows lediglich eine Fehlermeldung aus. Nach dem Test dieser SSD sowie eines Ersatzgerätes an diversen anderen Rechnern war klar: Sie funktioniert nur an USB-C-Buchsen. Eine Verbindung mit einem Android-Smartphone mit USB-C konnten wir jedoch ebenfalls nicht herstellen. Die Pro-G40 ist eine teure, schicke und schnelle externe SSD, die aber an älteren PCs nicht funktioniert. (ll@ct.de)

SanDisk Pro-G40

Externe SSD mit USB- und Thunderbolt-Anschluss	
Hersteller, URL	SanDisk, wdc.com
Produktbezeichnung	SDPS31H-002T
Systemanf.	Thunderbolt oder USB-C-Schnittstelle
Preis	360 € (1 TByte), 580 € (2 TByte, getestet)

Der wertvolle Boost für Ihr Netzwerk!



+ GRATIS Online-Kurs im Wert von 99,- €

Wie baut man in der Firma oder zu Hause leistungsfähige Netzwerke, welche Elemente müssen modernisiert werden, wie hält man sie in Gang? Diese Fragen beantwortet Ihnen das Sonderheft c't Admin 2022.

- ▶ Was das große Gratis-Update FritzOS 7.50 bringt
- ▶ Vernetzen mit Funk und Kabel
- ▶ Glasfaseranschluss richtig auswählen
- ▶ Schwachstellen im Netz finden
- ▶ Active Directory beherrschen
- ▶ inkl. GRATIS-Onlinekurs Active Directory mit 47 Lektionen

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
• Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-admin22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.



Klangschwester

Soundbar Sennheiser Ambeo Plus mit virtuellem 3D-Sound

Sennheiser hat mit seiner Soundbar Ambeo Max seit längerer Zeit einen echten Koloss für die Wohnraumbeschallung im Sortiment – sowohl was Maße und Preis als auch Klang betrifft. Nun gibt es eine kleinere und preiswertere Ausführung. Unser Test zeigt, dass bei der „Ambeo Plus“ an manchen Stellen zu sehr gespart wurde.

Von Nico Juran

Die „kleine“ Sennheiser-Soundbar Ambeo Plus reicht hinsichtlich ihrer Maße nicht an die Ambeo Max alias SB01 (siehe c't 24/2019, S. 100) heran. Dennoch gehört sie mit einer Breite von über einem Meter zu den größeren Kangleisten, die im Wohnzimmer eine komplette Audio/Video-Anlage samt Boxenset ersetzen sollen.

Den Unterschied zwischen beiden Geräten spürt man, wenn man sie durch die Wohnung trägt: Die Plus wiegt mit 6,3 Kilo nur rund ein Drittel so viel wie die Max. Ein Grund für das geringere Gewicht: Das kleinere Modell hat statt sechs nur zwei 10-cm-Tieftöner – und entsprechend weniger Verstärker. Die oberen Frequenzbereiche decken zwar jeweils sieben Lautsprecher ab, die Ambeo Plus allerdings nur mit Vollbereichsmodellen, während die Max mit einer Kombination aus Breitband- und Hochtönern aufspielt.

Wie die Max reproduziert die Plus nur die Frontkanäle (Links, Center, Rechts) direkt und projiziert die übrigen Kanäle indirekt. Sie sendet also Signale gegen Wände und Decke, um mithilfe der Reflexionen den Zuhörern vorzugaukeln, um sie herum stünden reale Lautsprecher. Anders als die Max erschafft die Plus dabei laut Hersteller auf der unteren Ebene nicht nur 5.1, sondern 7.1 Kanäle (mit Surround Links und Rechts, Surround Rear Links und Rechts und Tieftonkanal). Dazu gesellen sich unverändert vier virtuelle Deckenlautsprecher.

Alles in Relation

Dem Listenpreis von knapp 1500 Euro (ohne Wandhalterung, die kostet rund 50 Euro extra) stehen somit zwölf reale Boxen entgegen, die man zudem verkabeln müsste. Wer sich einen kräftigeren Bass wünscht, schließt einen Subwoofer per Cinch-Kabel an oder koppelt per Funk bis zu vier Subwoofer SW02 für je für 699 Euro.

Die Ambeo übernimmt mit zwei HDMI-Eingängen und einem Ausgang zudem die Aufgabe der Schaltzentrale im Heimkino. Ihr HDMI-Ausgang gibt durch einen erweiterten Audiorückkanal (eARC) alle Audiosignale wieder, die ihr ein Fernseher über HDMI anreicht – vom laufenden Fernsehprogramm, einer TV-App oder von einem an einem seiner HDMI-Eingänge angeschlossenen Zuspeler.

Bei der Formatunterstützung hält die Ambeo Plus mit guten AV-Receiver mit: Von den 3D-Soundformaten beherrscht sie außer Dolby Atmos und DTS:X auch MPEG-H Audio und das darauf fußende Format Sony 360 Real Audio. Abseits von HDMI kann man sie über Chromecast und Apple AirPlay bespielen. Zudem unterstützt die Ambeo Streamingdienste wie Spotify und Tidal, hier inklusive Dolby Atmos. Audiozuspielungen über Bluetooth sind in den Codecs SBC und AAC möglich. Die am Gerät ebenfalls vorhandene USB-Buchse dient indes nur Servicezwecken.

Beim Bild ist die Plus ebenfalls gut aufgestellt: Videosignale leitet sie bis zur 4K-Auflösung mit erweitertem Farbraum und erhöhtem Kontrastumfang (High Dynamic Range, HDR) von jedem Zuspeler an den Fernseher weiter, einschließlich der Metadaten des dynamischen HDR-Formats Dolby Vision.

Einrichtung und Bedienung

Beim Einrichten der Soundbar kommt man nicht um die für Android und iOS erhältliche App „Smart Control“ herum, da man darüber Firmware-Updates einspielt und die Einmessautomatik startet. Daraufhin sendet die Ambeo Plus wie die Max Testtöne aus, um die Beschaffenheit des Raumes zu ermitteln und die Soundprojektion darauf anzupassen. Die Max kommt dafür mit einem Messmikrofon, das man an den Hörplatz stellt, während die Plus nur integrierte Mikrofone nutzt. Auch der Subwoofer wird über die App angebunden. Dabei gab sich unser Testgerät zickig: Erst nach

unzähligen Versuchen und mehreren Resets des Tieftöners kam der Kontakt zustande.

Kontrollieren lässt sich die Ambeo Plus über Tasten am Gerät, per App und die mitgelieferte Fernbedienung. Sie gewährt unter anderem Zugriff auf Soundprogramme für verschiedene Inhalte – von Musik über Sport bis hin zu Filmen. Im „Adaptive“-Modus soll die Soundbar selbst die Art des Inhalts erkennen; das klappte gut. Ein Upmixer fügt gewöhnlichen Abmischungen Raumklang- und Höheneffekte hinzu. Ein Nachtmodus sorgt dafür, dass man die Nachbarn bei der Filmwiedergabe zu vorgerückter Stunde nicht aus dem Schlaf reißt. Schließlich kann man die Dialoge auf Knopfdruck hervorheben.

Generell empfanden wir die Bedienung als unbefriedigend: Die Ambeo Plus zeigt weder eine grafische Benutzerführung (GUI) auf dem angeschlossenen Fernseher, noch hat sie – wie die Max – ein eigenes Frontdisplay, sondern an der Oberseite nur einen LED-Statusbalken und eine Anzeige, welcher Codec gerade aktiv ist. Ohne Blick auf die App endet die Bedienung schnell in einem Blindflug. Die Plus bietet zwar noch eine akustische Rückmeldung, die wir aber (über die App) schnell deaktivierten, da die teils mit hoher Lautstärke abgespielten Bestätigungstöne nervten.

Guter Klang, schwacher 3D-Effekt

Bei jeder Soundprojektion beeinflusst die Beschaffenheit des Raumes den Klang und die Güte der Effekte: Mit einer schall-

absorbierenden Decke bekommt man etwa keinen ordentlichen Von-oben-Sound bei der 3D-Sound-Wiedergabe, dicke Vorhänge können wiederum die Simulation der Surround-Kanäle stören. Im Testraum hatte sich die große Ambeo SB01 bei der räumlichen Abbildung seinerzeit aber außerordentlich gut geschlagen.

Umso ernüchternder fiel der Hörtest der Plus aus: Zwar kamen auch bei der Plus Stimmen klar und verständlich rüber und die Soundbar legte auch ohne Subwoofer ein kräftiges und präzises Bassfundament. Das kleinere Modell erschuf aber eine engere Stereofront als die große Schwester. Vor allem aber reichte die Soundprojektion nicht so weit in den Raum hinein: Einen vollen 5.1-Sound hörten wir kaum, von 7.1 konnte keine Rede sein. Enttäuschend war die Projektion über die Decke: Zwar gelang es der Plus noch, Deckenlautsprecher über dem Fernseher zu simulieren, im Unterschied zur Max konnte sie aber keine virtuellen Höhenkanäle über den Zuschauern platzieren.

Fazit

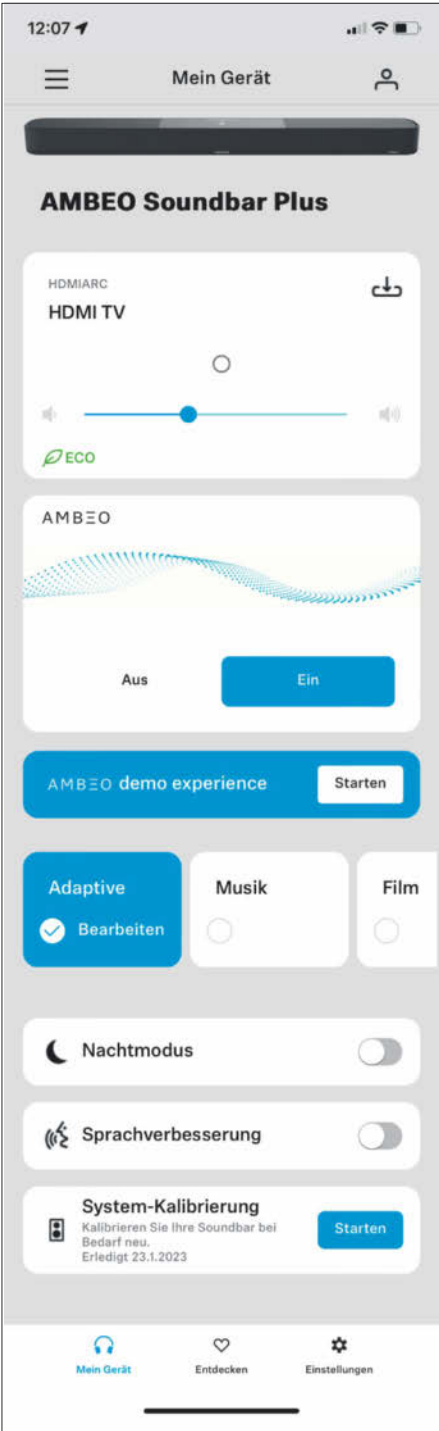
Die Ambeo Plus hat zweifellos einen guten Klang, aber für eine Soundbar, bei der mit 7.1.4-Sound geworben wird, leistet sie hinsichtlich des 3D-Tons zu wenig. Mit manchen Soundbars, die mit – per Funk angebundenen – Rücklautsprechern inklusive Deckenstrahlern arbeiten, bekommt man da räumlicher klingende und zugleich preiswertere Lösungen (siehe c't 15/2020, S. 116). Wer sich die Ambeo Plus mit Subwoofer kaufen wollte, sollte wie-

derum besser zur Ambeo Max greifen, die es mittlerweile für knapp 2000 Euro gibt: Die klingt erheblich besser und man kommt ebenfalls billiger davon.

(nij@ct.de) ct

Sennheiser Ambeo Plus (SB02M)

Soundbar	
Hersteller, URL	Sonova Consumer Hearing, www.sennheiser-hearing.com
Kanäle	7.1.4 (mit Soundprojektion)
Lautsprecher	Soundbar: 7 × Breitband-Töner (5 cm), 2 × Tieftöner (10 cm); Subwoofer: 1 × Tieftöner (20 cm)
Verstärkerleistung lt. Herst.	Soundbar: 400 W; Subwoofer: 350 W
Codecs	AAC (Bluetooth), Dolby Digital (Plus), Dolby TrueHD, Dolby Atmos (über Dolby Digital Plus und TrueHD), Dolby Atmos Music, DTS, DTS-ES Discreet / Matrix 6.1, DTS 96/24, DTS-HD HR / MA, DTS LBR, DTS:X, LC3 (Bluetooth, für Subwoofer-Verbindung), LPCM (bis 7.1), MPEG-H Audio, SBC (Bluetooth), Sony 360 Reality Audi
Konnektivität	Soundbar: Wi-Fi 6 (2 × MIMO, 2,4 und 5 GHz), Bluetooth 5.0 / BLE (inkl. A2DP, AVRCP, GATT), Bluetooth 5.2 (für Subwoofer); Apple AirPlay 2, Spotify Connect, TIDAL Connect, Google Chromecast; Subwoofer: Bluetooth 5.2 / BLE
AV-Eingänge	2 × HDMI-In, 1 × SPDIF (digital/optisch), 1 × Line-In (analog, Cinch)
AV-Ausgänge	1 × HDMI-Out (inkl. eARC), 1 × Subwoofer-Pre-Out
sonstige Anschlüsse	1 × Ethernet (10 / 100 Mbit/s), 1 × USB-A (5 V, 1 A, als Stromanschluss fürs Handy)
Lieferumfang	Soundbar, Fernbedienung (inkl. Knopfzelle CR2032), HDMI-Kabel, Stromkabel, Anleitungen
Maße (B × H × T) / Gewicht	105,1 cm × 7,7 cm × 12,1 cm / 6,3 kg
Preis	Soundbar SB02M: 1499 €, Subwoofer SW02: 699 €, Wandhalterung: 49,90 €



Die Ambeo-Soundbar lässt sich am Gerät und über Fernbedienung bedienen. Für den Zugriff auf alle Funktionen (inklusive Firmware-Updates und Einmessautomatik) kommt man aber nicht um die Begleit-App und somit ein Android- beziehungsweise iOS-Gerät herum.



Handyhalter mit Verfolgungswahn

Wer von sich Videos mit dem Handy aufnimmt, möchte meist auch bei Bewegungen im Bild bleiben. Die Smartphone-Halterung Obsbot Me erledigt das per KI automatisch.

Die Obsbot Me besteht aus einem elektromechanischen Korpus mit 120-Grad-Weitwinkelkamera, einer daran fixierten Klemmhalterung für gängige Smartphonegröße und einem kleinen Tischstativ. Alternativ passt sie auf ein handelsübliches Stativ mit Viertelzollgewinde.

Per eingebauter Kamera und angeblich mit künstlicher Intelligenz folgen der Korpus und damit auch das eingeklemmte Handy der anvisierten Person auf Schritt und Tritt – in einem Drehwinkel von plus minus 150 Grad um die vertikale Achse. So bleibt man beim Vlogging, Live-streaming oder in Videokonferenzen mit der „Me“ immer im Fokus – und das aus bis zu 17 Meter Entfernung. Obsbot empfiehlt 0,5 bis 3 Meter, bei dunkleren Lichtverhältnissen brach das Tracking bei uns nach etwa 5 Metern ab.

Das Ganze funktioniert unabhängig vom Handybetriebssystem, denn eine Schnittstelle zum Smartphone existiert nicht, die Obsbot Me ist praktisch nur eine schlaue Halterung mit Bewegungsverfolgung. Erst die ebenfalls von Obsbot erhältliche, aber deutlich teurere Verfolger-Webcam Tiny filmt selbstständig ohne Handy.

Bei der Me muss man für Aufnahme-starts und Unterbrechungen zum Smartphone gehen. Die Bedienung ist einfach: Smartphone einklemmen, Obsbot Me aufstellen und einschalten. Die Halterung lässt sich ins Quer- und Hochformat drehen und in der Neigung verstellen, das Handy im Selfie- oder im Aufnahme-modus nutzen.

Das Tracking der Me aktiviert man per Knopfdruck am Korpus oder stellt sich ins Sichtfeld der Kamera und hebt die Hand. Diese Gestensteuerung hat im Test aber nur selten funktioniert. Außerhalb seines Trackingwinkels bleibt der Korpus am Anschlag stehen, bis wieder eine Person im Bild auftaucht. Im Idealfall verfolgt die Me nur die fixierte Person, doch in unserem Test sprang das Tracking manchmal auf eine andere Person über. Verschwindet die verfolgte Person hinter



Gegenständen, bricht die Verfolgung ab und das Tracking muss neu gestartet werden. Das ist weder vorausschauend noch intelligent.

Beim Sport eignet sich der Verfolgermodus laut Obsbot für Aufnahmen mit einer maximalen Schwenkgeschwindigkeit von 120 Grad pro Sekunde. So konnten wir im Querformat beispielsweise kurze Laufsequenzen filmen (keine Sprints), im Hochformat waren wir mit der gleichen Geschwindigkeit dagegen schnell aus dem Bild. Während einer Videokonferenz mit nur kleineren Bewegungen hielt die Obsbot Me die versprochenen zwei Stunden durch, erlahmte aber gegen Ende der Akkulaufzeit und zog dann bei Bewegungen merklich hinterher.

Die Obsbot Me ist insgesamt unkompliziert und eine Hilfe für Videoaufnahmen, bei denen man sich vor der Kamera bewegt.

(Jil Baee /uk@ct.de)

Obsbot Me

Handyhalter mit Auto-Tracking	
Hersteller, URL	Obsbot, obsbot.com
Maße (L × B × H) / Gewicht	geklappt: 68 mm × 56 mm × 139 mm / 200 g
Smartphonemaße (B × H) / Gewicht	55 bis 84 mm × ≤10,5 mm / 200±70 g
Akku	950 mAh Lithium-Polymer, Betriebszeit 120 min, Ladezeit 75 min
Schwenkbereich / Geschwindigkeit	horizontal ±150° / bis zu 120°/s
Anschlüsse	USB-C, Viertelzoll-Innengewinde (Stativ)
Preis	130 €

DAS KANNST DU AUCH!



GRATIS!



2 × Make testen und über 7 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 19,40 € statt 27 €

Jetzt bestellen:

make-magazin.de/miniabo



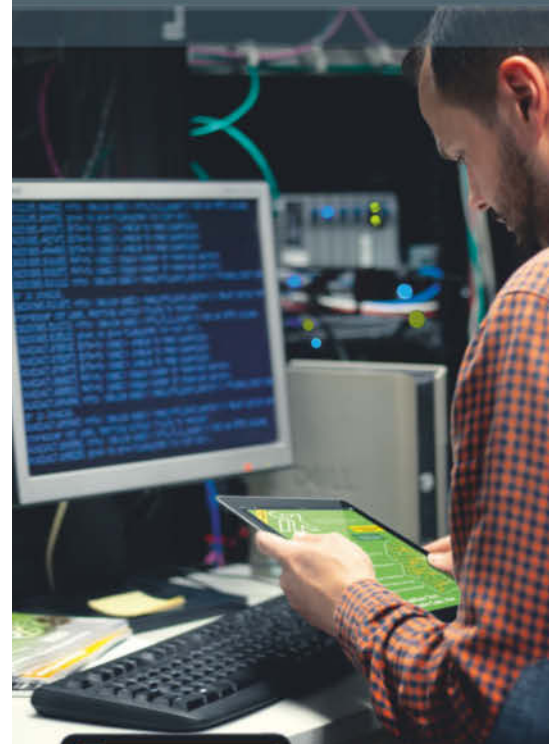
✉ leserservice@make-magazin.de

☎ +49 541/80 009 125

🌐 make-magazin.de/miniabo

Es gibt 10 Arten von Menschen.

iX-Leser und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:

3 digitale Ausgaben +
Bluetooth-Tastatur
nur 19,35 €

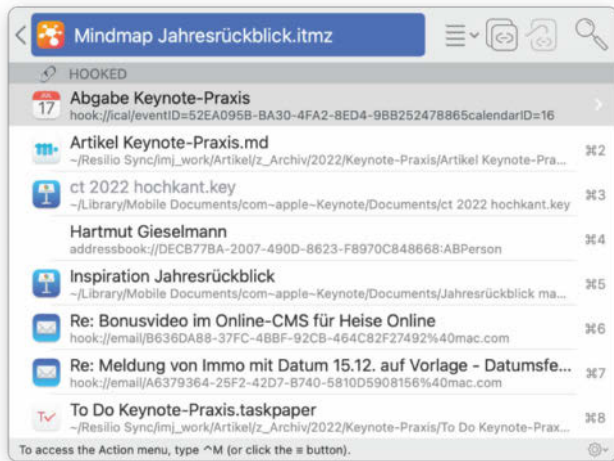
www.iX.de/digital-testen



www.iX.de/digital-testen

leserservice@heise.de

49 (0)541 800 09 120



Strippenzieher

Hookmark referenziert Dokumente, URLs und andere Inhalte auf dem Mac in einer Metastruktur.

Mobilität erfordert Kompromisse: Projekt-relevante Dateien sind oftmals über mehrere Cloudlaufwerke, Benutzerkonten, Apps und Kalender verteilt. Hookmark begegnet dieser Unübersichtlichkeit, indem es ordnerunabhängige Verknüpfungen bereitstellt.

Klickt man das Programm-Icon in der Menüleiste an, erscheint eine Schwebepalette, die das ausgewählte Element benennt. Solange dieses Fenster aktiv ist, erzeugt das Kopieren-Tastenkürzel (Cmd+C) eine eindeutige URL, die man nun in jedem textfähigen Dokument einsetzen kann.

Dokumente, E-Mails, Notizen, Termine – in alles, worauf sich unter macOS ein Link erzeugen lässt, setzt Hookmark seine Haken. Verschiebt man die Datei, bugsiiert die E-Mail in ein Postfach oder verschiebt den Termin, bleibt der Hookmark-Kontext erhalten. Für URLs merkt sich die App, welcher Browser das Dokument geöffnet hatte. Bei PDFs speichert Hookmark die Leseposition.

Noch viel nützlicher als Textlinks ist die programminterne Referenzierung. Dazu wählt man in einem zweiten Dokument „Hook to copied link“ (Cmd+V) und erzeugt so aus den beiden Elementen einen Kontext. Anschließend wählt man weitere URLs, E-Mails und Termine aus, um sie ebenfalls mit dem Original zu verhookmarken.

Der Lohn der Vernetzung: Wählt man das anfangs kopierte Element aus und öff-

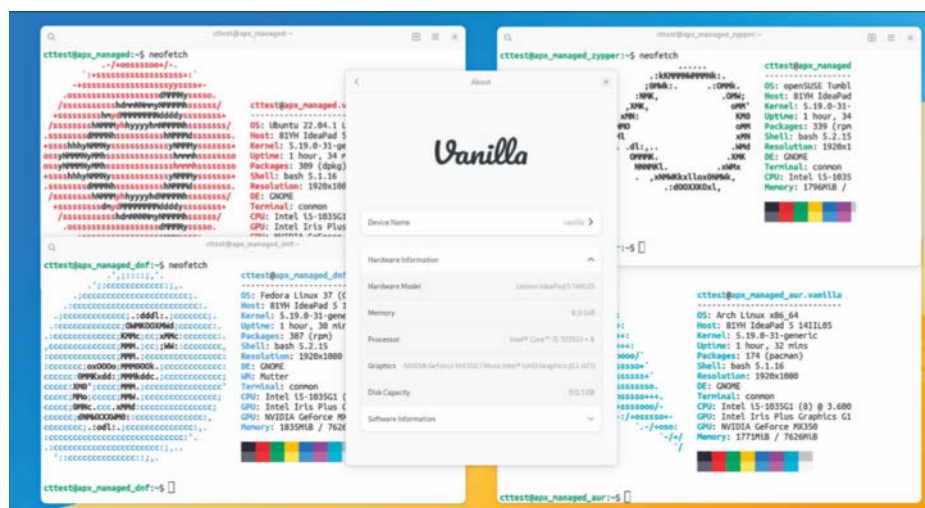
net Hookmark, so zeigt dessen Fenster fortan eine Liste aller eingehakten Objekte. Von dort aus kann man diese öffnen, im Finder offenbaren oder die Verbindung kappen. Anwender entscheiden selbst, welches Element in Hookmark mit welchem verbunden ist: Sie können zum Beispiel alle Fäden in einem Dokument zusammenführen oder sie wie an einer Perlenschnur aufreihen.

In den umfangreichen Einstellungen definiert man sich eigene Tastenkürzel, bevorzugte Apps oder einen Cloud-Sync, um die Kontexte auch auf dem Zweit-Mac zu nutzen. Passionierte Automatisierer können Hookmark mit Kurzbefehlen oder AppleScript in ihre Workflows für wiederkehrende Projekte integrieren. Dafür müssen sie allerdings nach 30 Probetagen die Pro-Version erwerben – oder die im Softwareabonnement Setapp enthaltene Version nutzen.

Die Einstiegshürde ist relativ hoch: Bevor sich die Arbeitersparnis der Hookmark-Metastruktur entfaltet, muss man sie erst verstehen und dann anlegen – eine ziemliche Investition an Zeit und Hirnschmalz. Auch an die Doppeldeutigkeit der Tastenkürzel für Kopieren und Einsetzen muss man sich erst einmal gewöhnen. Wenn der Index steht und der Grips sich an Hookmark erinnert, fliegt man durch die Programme, anstatt sich durch geöffnete Fenster zu buddeln und Sucheingabefelder zu bemühen. (imj@ct.de)

Hookmark 5.0.1

Referenzwerkzeug	
Hersteller, URL	CogSci Apps, hookproductivity.com
Systemanf.	macOS ab 10.13
Preis	30 US-\$ (Standard), 70 US-\$ (Pro)



Bourbon-Linux

Innovative Linux-Distribution Vanilla OS

Vanilla OS ist eine neue Linux-Distribution, die uns im Test mit spannenden Features wie einem kugelsicheren Dateisystem und vielseitigem Paketmanager überrascht. Dabei bleibt Vanilla OS trotzdem angenehm einsteigerfreundlich.

Von Niklas Dierking

Ubuntu-Unterbau mit Gnome-Desktop klingt erstmal nicht aufregend, aber abseits davon wandelt die Linux-Distribution Vanilla OS auf unbekannten Pfaden. Wichtige Bausteine wie einen universellen Paketmanager, unveränderliche Systempartitionen und transaktionale Updates gibt es zwar so oder so ähnlich schon länger in der Linux-Welt, Vanilla OS schnürt sie aber zu einem wartungsarmen und einsteigerfreundlichen Gesamtpaket. Wir nehmen die erste stabile Version von Vanilla OS zum Anlass, die innovative Distribution genauer anzuschauen.

Vanilla OS bringt einen eigenen Installer mit, der hauptsächlich dazu dient,

Systemdateien auf die Platte zu schaufeln. In unserem Test haben wir die Möglichkeit vermisst, Vanilla OS parallel neben anderen Betriebssystemen zu installieren. Der Partitionierungsassistent bietet nur an, die gesamte Festplatte oder SSD zu nutzen. Die Entwickler wollen da nachbessern. Die eigentliche Einrichtung des Systems erfolgt nach einem Neustart.

In diesem Zuge fragt ein Assistent, welche Apps man hinzufügen möchte. Für grafische Anwendungen zapft Vanilla nicht die Ubuntu-Repositories an, sondern installiert sie im Containerformat Flatpak direkt aus dem Flathub-Repository. Canonicals Snap haben die Entwickler vorübergehend deaktiviert, AppImages sind nach Flatpaks die zweite Wahl. Flatpak-Apps laufen in einer Sandbox und verbrauchen mehr Speicherplatz, haben aber den Vorteil, dass sämtliche Abhängigkeiten mit im Container stecken. Mit Flatseal, das Vanilla OS auf Wunsch mitinstalliert, justiert man die Rechte von Flatpak-Anwendungen nach. Bei der Ersteinrichtung bietet Vanilla OS auch an, Timeshift zu installieren, das ähnlich wie die Systemwiederherstellung unter Windows oder Time Machine unter macOS funktioniert. Speichern und Wiederherstellen von Snapshots hat damit jedoch auf unserem Testsystem nicht funk-

tioniert, sodass wir davon abraten. Wie auch bei Ubuntu kann man einen Haken setzen, um proprietäre Treiber und Audio- und Video-Codex zu installieren. Gnome-Fans dürften sich darüber freuen, dass Vanilla OS anders als Ubuntu den Gnome-Desktop unverändert ausliefert.

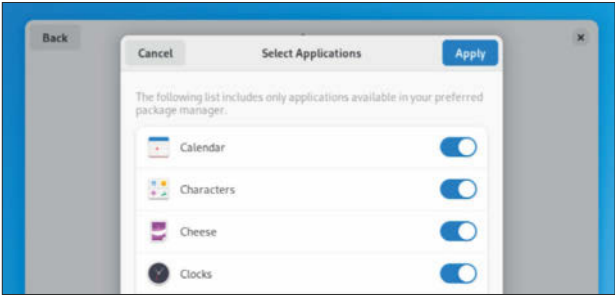
Unkaputtbar-Linux

Das (Btrfs-)Dateisystem der Systempartition von Vanilla OS nennen die Entwickler „immutable“ und meinen damit eine unveränderliche Root-Partition, die nur lesbar, aber nicht beschreibbar ist. Das soll die Installation stabiler und reproduzierbarer machen. Damit Nutzer trotzdem mit dem System arbeiten können und Anwendungen funktionieren, gibt es zwei Ausnahmen von der Regel, und zwar in Form von Schreibrechten für die Verzeichnisse /home und /etc. Vanilla OS knüpft hier an Fedora Silverblue und openSUSE MicroOS an, die schon länger unveränderliche Systempartitionen ausliefern.

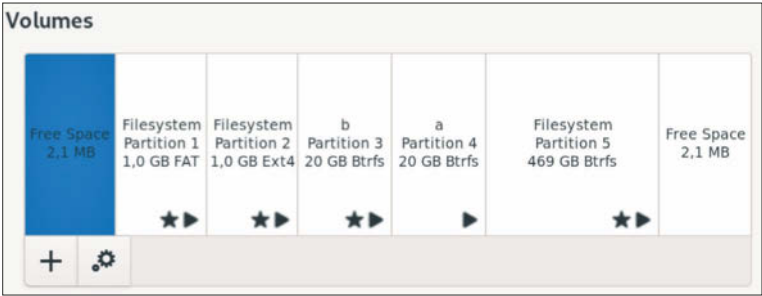
Containerformate wie Flatpak sind in Vanilla OS erste Wahl. Liegt die gewünschte App nicht als Flatpak vor oder geht es um Kommandozeilentools, trumpft der Paketmanager apx auf. Der erweist sich als wahres Multitalent und besorgt Software aus den Ubuntu-, Fedora- und Arch-Repositories. Das Root-Dateisystem tastet apx trotzdem nicht an, weil er die Programme in verwaltete Betriebssystemcontainer installiert.

Dabei fungiert apx als Wrapper für andere Paketmanager wie apt, dnf oder pacman. Mit `apx install htop` landet beispielsweise htop aus dem Repository jammy/main in einem Ubuntu-Container. Mit dem Flag `--zypper` installiert apx das Paket in einem openSUSE-Tumbleweed-Container, mit `--dnf` für Fedora. Den Unterbau dafür liefert das Distrobox-Projekt (siehe ct.de/y94h). Für Anwendungen, die Nutzer via apx installieren, legt Vanilla OS eine .desktop-Datei in `~/local/share/applications` an und integriert sie in die Anwendungsübersicht von Gnome. Das System informiert auch darüber, in welchem verwalteten Container die App steckt. Der Texteditor gedit im Fedora-Container heißt in der Anwendungsübersicht beispielsweise „gedit (on apx_managed_dnf)“.

Das Containerprinzip eröffnet eine riesige Softwarevielfalt, lief in unserem Test aber noch stellenweise holprig. Nach der Installation zeigte Vanilla OS die falsche Systemzeit an. Als wir die Zeitzone korrigierten, gerieten die Container aus



Apps à la carte: Vanilla OS installiert von sich aus nicht viel Software vor. Bei der Ersteinrichtung wählen Nutzer die Apps aus, die sie brauchen.



Doppelpack: Gnome-Disks zeigt die beiden Root-Partitionen „a“ und „b“ an, die sich bei jedem Neustart abwechseln.

dem Takt und klagten darüber, die Datei /etc/localtime nicht finden zu können. Erst als wir die verwalteten Container mit `apx init --dnf` zurücksetzten, funktionierte apx wieder. Der Preis dafür: Alle Anwendungen im Container waren futsch. Bestimmte Apps, beispielsweise der Ressourcenmonitor `btcp++` konnten nicht über die Anwendungsübersicht aufgerufen werden. Erst nachdem wir auf der Kommandozeile manuell mit `apx enter --dnf` in den Fedora-Container gewechselt waren, ließ sich das Programm ausführen.

Update-Karussell

Um Aktualisierungen kümmert sich der Vanilla System Operator (`vso`) im Verbund mit dem Werkzeug `ABroot`. Nutzer konfigurieren entweder mittels Kommandozeile oder im grafischen Vanilla Control Center, in welchen Abständen `vso` nach

Updates suchen soll. Damit frische Software den Weg auf die eigentlich unveränderbare Root-Partition findet, haben die Entwickler das Werkzeug `ABroot` eingebaut, das zwei Root-Partitionen mit den Labels „a“ und „b“ untereinander abgleicht. `ABroot` ordnet diesen Partitionen die Zustände „aktuell“ und „zukünftig“ zu und regelt Transaktionen zwischen den beiden ($A \rightleftharpoons B$).

Updates schreibt Vanilla OS stets in die zukünftige Root-Partition. War die Transaktion erfolgreich, bootet das System bei einem Neustart in die zukünftige Zielpartition, die dadurch zur aktuellen wird und synchronisiert die Änderungen mit der anderen Partition. Mit `abroot get future` und `abroot get present` prüft man, ob Root-Partition „a“ oder „b“ beim nächsten Neustart an der Reihe ist.

Das mutet kompliziert an, aber Nutzer bekommen davon im Alltag nichts mit. Vanilla OS lädt Aktualisierungen unbeaufsichtigt im Hintergrund herunter und nach einem Neustart ist das System aktuell. Man kann den Prozess aber auch mit `sudo vso trigger-update --now` manuell anschieben. Wer umfangreichere Arbeiten am System vornehmen muss, greift ebenfalls zu `ABroot`. Der Befehl `sudo abroot shell` öffnet eine Shell auf der zukünftigen Systempartition, beispielsweise um ein Kernel-Modul zu installieren. Mit `sudo abroot kargs edit` setzt man Kernel-Parameter, etwa um einen zickigen Treiber zur Mitarbeit zu motivieren. Praktisch: Wenn bei den Wartungsarbeiten mal etwas schiefgeht, dient die unangetastete Systempartition als Rettungsboot.

Vanilla-HQ

Update-Zyklen, Hintergrundaktualisierungen und die Distrobox-Container verwalten Nutzer im Vanilla Control Center. Im Test hat uns besonders gefallen, dass wir in den Gnome-Einstellungen auf

einem Notebook mit integrierter und dedizierter Grafikeinheit wählen konnten, ob wir die iGPU des Prozessors, die Nvidia GeForce MX350-GPU oder einen Hybridbetrieb bevorzugen. Nach dem Wechsel mussten wir das System nicht mal neu starten. Im Control Center finden Nutzer auch eine Übersicht der verwalteten Container und darin installierte Anwendungen. Seit Anfang Februar installiert `apx` auch Nix-Pakete. Den Nix-Container haben wir in der Liste verwalteter Container jedoch vermisst, auch nachdem wir ihn von Hand mit `apx init --nix` initialisiert hatten.

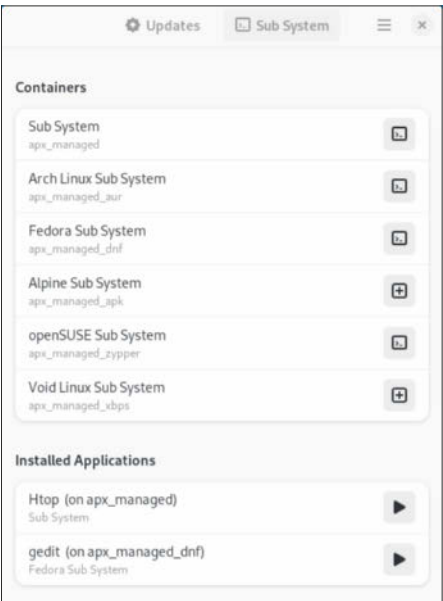
Fazit

Vanilla OS ist eine erfrischend andere Linux-Distribution, die mehrere spannende Linux-Features sinnvoll kombiniert und zeigt, wohin sich ein moderner Linux-Desktop entwickeln könnte. Hier und da müssen die Entwickler die einzelnen Komponenten jedoch noch besser verdrahten, bevor man Vanilla OS als Produktivsystem empfehlen kann. Weil Vanilla OS in Sachen Updates, unveränderliches Dateisystem und Containerfokus so vieles anders macht, müssen sich Linuxer mitunter an die neuen Abläufe gewöhnen. Dabei helfen die übersichtliche Dokumentation und das Vanilla-OS-Handbuch (siehe ct.de/y94h). Es enthält auch eine Anleitung für Nutzer, die Vanilla OS in einer virtuellen Maschine ausprobieren möchten. (ndi@ct.de) **ct**

Vanilla OS Download und Dokumentation: ct.de/y94h

Vanilla OS 22.10

Linux-Distribution	
Hersteller, URL	Vanilla OS Projekt, vanillaos.org
Systemanforderungen	64-Bit-x86-CPU, 4 GByte RAM, 50 GByte Speicherplatz (2 × 20 GByte für Root-Partitionen „a“ und „b“)
Preis	kostenlos (Open Source)



Das Vanilla Control Center erstellt eine Übersicht verfügbarer und bereits initialisierter Container. Außerdem listet es mit apx installierte Anwendungen auf.



Riesenfalter

Asus ZenBook 17 Fold mit faltbarem OLED-Touchscreen

Windows-Mobilrechner mit faltbaren Displays sind selten, aber technisch spannend – und werden endlich alltagstauglich. Das deutlich mehr als DIN-A4 große Asus ZenBook 17 Fold entpuppte sich im Test wahlweise als handliches Notebook, riesiges Tablet oder kompakter All-in-One-PC.

Von Florian Müssig

Wer viel unterwegs ist und mal auf engen Zugtischen, mal im Hotelzimmer, mal in Konferenzräumen arbeiten muss, für den ist das Asus ZenBook 17 Fold einfach nur praktisch: Das Notebook mit faltbarem 17-Zoll-Bildschirm macht sich für den Transport ganz klein und im Einsatz so groß, wie es der Arbeitsplatz gerade erlaubt. Damit ist es der erste Windows-Rechner mit vernünftig großem faltbarem Display und behebt genau die Knackpunkte, die die Alltagstauglichkeit des ersten und bislang einzigen anderen Windows-Faltgeräts, dem ThinkPad X1

Fold von Ende 2020 [1], deutlich einschränken.

Während die Mechanik und Haltbarkeit damals wie heute ausgereift wirkten, war die Bildschirmdiagonale wenig praxistauglich: Mehr als 13,3 Zoll im ausgeklappten Zustand waren beim ThinkPad X1 Fold technisch noch nicht drin. Für Tablets mag das groß erscheinen, doch Windows-Falter wollen eben auch Notebooks sein. Eine aufgelegte Tastatur, damit man auf den kleinen Klapptischchen in Zug oder Flugzeug arbeiten kann, verdeckt einerseits die Hälfte des Displays und kann andererseits auch nicht breiter als das kleine Gehäuse ausfallen. In diesem blieb dann auch nur Platz für den lahmen Sonderprozessor Core i5-L16G7 (Lakefield).

Asus merzt beim 3700 Euro teuren ZenBook 17 Fold genau diese Scharten aus. Dessen entfalteter 17-Zoll-OLED-Bildschirm im 4:3-Format (2560 × 1920 Pixel) hat knapp die Fläche einer aufgeklappten c't. Das ergibt ein fast schon irritierend großes Tablet, das man am Schreibtisch dank eines integrierten Standfußes wie einen All-in-One-PC mit abgetrennter, davor platzierter Tastatur nutzen kann. Selbst „halbiert“ bleibt genügend Bildfläche: Mit aufgelegter Tastatur misst sie in der Diagonale immer noch 12,5 Zoll (1920 × 1280 Pixel, Seitenverhältnis 16:10) und damit annähernd so viel wie bei vielen anderen kompakten Notebooks – wodurch dann eben auch eine Tastatur mit normal großem Tastenraster und -layout Platz findet.

Gerne hätten wir an dieser Stelle auch schon einen vergleichenden Blick auf das ThinkPad X1 Fold 16 Gen1 – den auf 16,3 Zoll gewachsenen Nachfolger des eingangs erwähnten Erstlingswerks – geworfen, doch das macht sich weiterhin rar: Lenovo hat die prognostizierte Verfügbarkeit von November auf Dezember auf Februar auf April geschoben – mal gucken, wann es denn wirklich kommt ...

Faltkloppler

Der riesige OLED-Touchscreen des ZenBook 17 Fold macht nicht nur wegen der tollen Farben im DCI-P3-Farbraum etwas her: Beim Arbeiten und Surfen ist viel Bildfläche eben nur durch noch mehr Bildfläche zu ersetzen. Auch der mittige Falz wird aufgrund dieser schieren Größe sehr gut kaschiert: Er ist wie bei allen bisher erschienenen Faltgeräten einen guten Zentimeter breit, fällt hier aber wegen der großen Bildbereiche links und rechts



Wie bei allen Foldable-Geräten ist der OLED-Touchscreen am Falz etwas welliger als im restlichen Bildbereich.

davon optisch viel weniger auf als etwa bei faltbaren Smartphones. Der Bildschirm wellt sich nur so leicht, dass man bei Text, Bildern und Grafiken keinen Versatz sieht – die Unregelmäßigkeiten fallen nur dann ins Auge, wenn Reflexionen der Umgebung sie verraten.

Haptisch gibt es ebenfalls wenig zu meckern: Man muss schon arg sensible Fingerkuppen haben, um die minimale Unebenheit beim Drüberwischen als störend zu empfinden. Die Bildschirmfolie wird von der Scharniermechanik so unterstützt, dass man beim Drücken denselben Widerstand wie in allen anderen Bereichen spürt. Von gezieltem, stärkerem Herumdrukken auf dem Falz haben wir abgesehen, da dies keinem normalen Nutzungsszenario entspricht: Touch-Eingaben werden schon bei leichter Berührung registriert.

OLED-Laufzeit

Die in der Tabelle angegebenen Akkulaufzeiten haben wir im Notebookbetrieb ermittelt, also bei aufgelegter Tastatur. Nutzt man die volle Bildschirmfläche aus, sind maximal vierzehn statt achtzehn Stunden Laufzeit drin – weil dann fast doppelt so viele OLED-Pixel aktiv sind und am Akku saugen. Im Alltag schwanken die Laufzeiten OLED-typisch stark, weil der jeweilige Bildschirminhalt diese – anders als bei IPS-Displays – entscheidend beeinflusst: Nutzt man (wie wir in unseren Tests) den von Asus voreingestellten Dark Mode von Windows, sodass auch alle Apps und Webseiten ihn übernehmen, benötigt der Bildschirm viel weniger Energie, als wenn er überwiegend helle Flächen darstellen muss.

Im Testgerät des ZenBook 17 Fold arbeitete der Intel-Prozessor Core i7-

1250U. Seine zwei Performance- und acht Effizienzkerne liefern eine gute Rechenleistung ab, kommen aber nicht an die Performance heran, die die in dieser Preisklasse verbreiteteren P-Prozessormodelle mit mehr P-Kernen und höherer Thermal Design Power (TDP) erzielen. Letztere hätte mit bis zu 28 Watt TDP aber nicht in das flache ZenBook-Gehäuse gepasst. Immerhin hält sich das Kühlsystem angemessen zurück: Meist hört man den Lüfter gar nicht; die knapp 0,5 sone bei anhaltender Rechenlast fallen nur in leisen Umgebungen auf.

Apropos Gehäuse: Auch da muss man umdenken. Das ZenBook 17 Fold ist zwar flach, wenn man es aufklappt, doch transportfertig zusammengeklappt erscheint es eher adipös. Im Endeffekt hat man dann eine Art Burger aus zwei Tablet-Hälften und dazwischengelegtem Tastatur-Patty vor sich. Der Stapel misst an der dicksten Stelle über drei Zentimeter, doppelt so viel wie schlanke Notebooks herkömmlicher Bauart. Und während diese üblicherweise weniger als 1,3 Kilogramm auf die Waage bringen (die leichtesten bleiben sogar unter einem Kilo), zeigt sie beim ZenBook 17 Fold inklusive Tastatur 1,8 Kilogramm an – das ist gerade noch erträglich.

Die Tastatur arretiert magnetisch auf einer Bildschirmhälfte, agiert ansonsten aber autark: Sie hat einen eigenen Akku, der separat geladen werden muss, und funkt die Eingaben per Bluetooth ans Gerät. Wie bei vielen seiner anderen Notebooks hat Asus allerdings nicht nur den Cursorblock, sondern auch die Enter-Taste in eine Zeile gequetscht. Und auf eine in dieser Preisklasse sonst obligatorische Tastenbeleuchtung muss man verzichten.

Umorientiert

Im Bildschirmrahmen steckt eine IR-Kamera, über die man sich biometrisch



Knick in der Mitte: In dieser Gerätepositionierung bietet es sich an, getrennte Fenster auf der oberen und unteren Bildschirmhälfte zu verwenden.

einloggen kann. Das klappt unabhängig davon, ob man das ZenBook im Hoch- oder Querformat vor sich platziert – was bei Hybridgeräten, die sowohl Tablet als auch Notebook sein wollen, keine Selbstverständlichkeit ist. Im Querformat befindet sich die Webcam allerdings links vom Bildschirm und nicht darüber, was Feinjustierung erfordert, damit man mittig gefilmt wird.

Asus hat die zwei Thunderbolt-fähigen USB-C-Buchsen so untergebracht, dass eine immer hinten beziehungsweise oben liegt und die andere entweder links oder rechts. Obendrein wurden die beiden seitlichen Buchsen so tief positioniert, dass schwere Peripheriegeräte das ZenBook nicht aus der Balance bringen. Freilich kann man auch oben einen USB-Stick oder das Netzteil einstecken, ohne dass das Gerät gleich umkippt – dennoch sieht das mindestens ungewohnt-komisch aus. Ein analoger Audioausgang ist an Bord, ein Kartenleser fehlt.

Asus verkauft das ZenBook 17 Fold nur wie hier getestet mit Core i7-1250U, 16 GByte aufgelötetem LPDDR5-Speicher und einer 1-TByte-SSD. Letztere soll wechselbar in einem M.2-Schacht stecken, doch wir haben keinen Weg ins Innere entdeckt, der laientauglich wäre. Zum Lieferumfang gehören außer der bereits erwähnten Bluetooth-Tastatur noch ein USB-C-auf-A-Adapter und eine Transporthülle.

Fazit

Asus macht die Kategorie der Windows-Geräte mit faltbaren Bildschirmen alltags-tauglich: Die CPU-Leistung ist aktuellen Notebooks ebenbürtig und der Bildschirm so groß, dass man selbst bei „halbiert“ Fläche mit aufgelegter Tastatur noch ausreichend Bildfläche vor sich hat. Wenn das allerdings der hauptsächliche Betriebsmodus sein soll, kann das teure ZenBook hinsichtlich Gewicht, Dicke und Akkulaufzeit nicht gegen schlanke Notebooks bestehen. Es gibt jedoch keinen anderen Windows-Mobilrechner, der zum Transport keinen übergroßen Rucksack erfordert, sich auf dem heimischen Schreibtisch oder im Hotelzimmer aber auf 17-Zoll-Format aufplustert.

(mue@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Florian Müssig, Kannste knicken!, Lenovo ThinkPad X1 Fold: das erste Windows-Gerät mit Faltbildschirm, c't 2/2021, S. 102



Das ZenBook 17 Fold (links) ist viel größer als das erste und bislang einzige faltbare Windows-Gerät ThinkPad X1 Fold von Ende 2020 (rechts). Tastenabmessungen und Bildschirmgröße des ZenBooks ähneln bei aufgelegter Tastatur anderen kompakten Notebooks, während das ThinkPad nur pfriemeliges Netbook-Format hatte.

Asus ZenBook 17 Fold: Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	UX9702AA-MD007W
Lieferumfang	Windows 11 Home, Netzteil, USC-C-auf-A-Adapter, Hülle
Schnittstellen	
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	– / – / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	2 × Typ C / – / ✓
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	– / – / –
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Ausstattung	
Display	17,4 Zoll (44,1 cm), 2560 × 1920, 35,3 cm × 26,5 cm, 4:3, 184 dpi, 60 Hz, 4 ... 298 cd/m², spiegelnd, OLED, Touch
Prozessor	Intel Core i7-1250U (2 P-Kerne + 8 E-Kerne)
Hauptspeicher	16 GByte LPDDR5
Grafikchip (Speicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)
Sound	Realtek ALC294
LAN / WLAN	– / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)
Mobilfunk / Bluetooth	– / Intel
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger) / –
SSD	Samsung PM9A1 (1024 GByte, PCIe 4.0 x4)
Gewicht, Maße, Stromversorgung	
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,82 kg / 28,6 cm × 19,3 cm / 2,8 ... 3,4 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster / Beleuchtung	1,9 cm / 19 mm × 18,5 mm / –
Akku (Ladestopp < 100% einstellbar)	75 Wh Lithium-Ionen (✓)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	65 W, 226 g (–)
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	3 / 3 / – / 3 / 3,25 Ampere
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	0,8 W / 0,4 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,4 W / 5,5 W / 6,7 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	42 W / 10,1 W / 24 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	69 W / 0,58
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	18,2 h / 9,4 h / 4,6 h
Ladestand nach 1h Laden	72 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 0,5 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	3321 / 2565 MByte/s
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m)	129-167 / 130-161 / 203-241 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 100,3 dBA
CineBench R23 Rendering (1 Thread / alle Threads)	1604 / 6673
Geekbench 5 (Single / Multi)	1654 / 6891
3DMark: Night Raid / Fire Strike / Time Spy	12853 / 3841 / 1366
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	3700 €
Garantie	2 Jahre
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe	

heise +

ct

iX

Mac&i

Make:

MIT
Technology
Review
Das Magazin für Innovation von Heise

ct **Fotografie**

c't-Abonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger

Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter der Chefredaktion
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen: c't, iX, MIT Technology Review, Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen? Jetzt bestellen unter:

heise.de/plus-testen

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120

Ein Angebot von: Heise Medien GmbH & Co. KG • Karl-Wiechert-Allee 10 • 30625 Hannover



Wasserbestie

Gaming-Notebook mit GeForce RTX 4090 und Wasserkühlung

Nvidias schnellster Notebookgrafikchip GeForce RTX 4090 stellt alle bisherigen Mobil-GPUs in den Schatten. Für das Extraquäntchen Leistung kann das Gamingnotebook Medion Erazer Beast X40 optional mit Wasser gekühlt werden. Wir prüfen, wie nahe die Mobil-GPU ihrer gleichnamigen Desktopschwester kommt.

Von Florian Müssig

Anders als bei Desktop-PCs dominiert Nvidia bei Gamingnotebooks das Geschehen: Während AMD und Neueinsteiger Intel (siehe auch [1]) bestenfalls in der Mittelklasse vertreten sind, steht Nvidia bei High-End-GPUs allein auf weiter Flur. Im Jahrgang 2023 baut Nvidia seinen Vorsprung weiter aus: Seit Kurzem gibt es erste Notebooks mit der Notebookversion des GeForce RTX 4090 – etwa im hier getesteten Medion Erazer Beast X40, das obendrein Intels nagelneuen Core i-13900HX aus der Generation Raptor Lake mitbringt. Die Konsolidierung der derzeit schnellsten Notebookkomponenten in einem 17-Zoll-Gehäuse kostet satte 4500 Euro.

Obwohl der mobile Grafikchip denselben Namen trägt wie Nvidias seit vergangenem Herbst erhältliche schnellste

Grafikkarte für Desktop-PCs, unterscheiden sich die beiden Produkte technisch stark. Die Desktopversion verwendet den AD102-Grafikchip, die mobile Variante den AD103, der sonst auf der RTX 4080 Pixel bewegt. Darum hat die Mobilversion der 4090 nur 9.728 statt 16.384 Shader-Prozessoren, die per 256-Bit-Interface auf 16 GByte GDDR6-Speicher zugreifen und nicht über ein 384-Bit-Interface auf 24 GByte GDDR6X. Darüber hinaus wurde der Chip thermisch eingebremst, denn aus einem Notebookgehäuse lassen sich 450 Watt (oder auch nur die 320 Watt der Desktop-4080) an Hitze nicht abführen: Voreingestellt sind 150 Watt; in ausgewählten Energieprofilen darf die GPU im Medion-Notebook auch mit 175 Watt laufen.

Die viel geringere Abwärme bedeutet aber nicht, dass selbst bei sonst identischen Eckdaten nur ein Drittel an Performance drin wäre – die Relation verläuft nämlich nicht linear. In manchen Fällen erfordern zehn Prozent höhere Performance beispielsweise über 30 Prozent mehr Energie. Daher büßt man umgekehrt nur eine einstellige Prozentzahl an 3D-Leistung ein, wenn man den Stromdurst erheblich reduziert.

Wir haben die Notebookversion der RTX 4090 sowohl über unseren etablierten Spieleparcours geschickt, für den wir 1:1 vergleichbare Messergebnisse älterer Mobil-GPUs haben, und ein paar neuere Spiele wie das Action-Adventure A Plague Tale: Requiem, das Formel-1-Rennspiel F1 22 sowie den Shooter Cyberpunk 2077 aufgenommen wurden.

In allen Fällen zeigt sich: Die Vorgängergeneration wird geschlagen und mitunter sogar auf die Plätze verwiesen. Und auch den Vergleich zu generationsgleichen Desktopgrafikkarten muss die mobile GeForce RTX 4090 nicht scheuen: Sie liefert etwa so viel 3D-Power wie die stationäre GeForce RTX 4070 Ti (siehe auch S. 98), die wiederum ihre sämtlichen Vorgänger inklusive GeForce RTX 3090 hinter sich lässt – ein beachtlicher Leistungssprung.

Man muss an dieser Stelle allerdings auch die Preise diskutieren: 4500 Euro – die auch andere Hersteller aufrufen, wenn ein ähnliches Innenleben wie im Erazer Beast X40 zum Einsatz kommt – sind ein riesiger Batzen Geld für ein technisches Gerät, das mit herkömmlichen Notebooks eigentlich nur die Bauform gemein hat. Bei Attributen wie Gewicht oder Akkulaufzeiten liegen Welten zwischen hier auftretenden Werten (fast drei Kilo beziehungsweise

se maximal acht Stunden) und dem, was bei viel günstigeren Geräten mit schwächeren Prozessoren üblich ist – auch bei ähnlicher Größe [2]. Wer hauptsächlich am Schreibtisch zockt, sollte deshalb überlegen, ob ein Gaming-PC nicht die bessere Wahl wäre: Einen Tower mit ebenbürtiger 3D-Leistung bekommt man schon für halb so viel Geld (siehe auch [3]), und selbst mit viel schnellerer Desktop-4090 stehen immer noch eine spürbar kleinere Zahl auf dem Preisschild. Das gesparte Geld reicht also mindestens für ein weiteres separates Mittelklassennotebook ...

Unmobilität

Dass hochperformante Gamingnotebooks überwiegend für den Schreibtisch entwickelt werden, erkennt man auch daran, dass sie maximale Performance nur bei angeschlossenem Netzteil abliefern. Beim Erazer verheizen die GPU 175 Watt und die CPU weitere 80 Watt, weshalb Medion ein 330-Watt-Netzteil beilegt. Das wiegt übrigens knapp 1,2 Kilogramm und damit so viel wie manch kompaktes Notebook.

Akkubetrieb bremsst das Erazer hingegen stark aus. Dann ist die Nvidia-Funktion Battery Boost aktiv, welche die Bildwiederholrate auf 30 fps limitiert, um Strom zu sparen. Wer flüssigere Bildfolgen wünscht, kann Battery Boost in Nvidias Hilfsprogramm GeForce Experience deaktivieren – das Tool lässt sich aber nur verwenden, wenn man einen Nvidia-Account anlegt.

Egal ob mit oder ohne Battery Boost: Im Akkubetrieb gönnt das Erazer der CPU nur 25 Watt und der GPU maximal 80 Watt, was die Leistungsfähigkeit stark drückt. Gerade das Limit der thermischen

Spieleleistung Nvidia GeForce RTX 4090 Laptop GPU im Vergleich zur Desktopgrafikkarten

Grafikkarte	F1 22 (DX12 + RT) ¹ [fps]	Shadow of the Tomb Raider (DX12 + RT) ² [fps]	A Plague Tale: Requiem (DX12) ³ [fps]	Cyberpunk 2077 (DX12 + RT) ⁴ [fps]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Bildschirmauflösung WQHD (2560 × 1440)				
GeForce RTX 4090	98/136	112/189	70/86	63/75
GeForce RTX 4070 Ti	73/82	97/133	55/67	39/45
Erazer Beast X40 (Wakü)	70/80	86/133	55/72	37/45
Erazer Beast X40	65/77	85/128	48/64	34/43
GeForce RTX 3090 FE	66/75	86/115	53/65	36/42
Bildschirmauflösung Ultra HD (3840 × 2160)				
GeForce RTX 4090	64/71	91/121	51/61	33/39
GeForce RTX 4070 Ti	35/40	54/69	29/35	19/22
Erazer Beast X40 (Wakü)	33/37	52/70	32/37	18/21
Erazer Beast X40	31/36	50/67	27/32	17/20
GeForce RTX 3090 FE	32/36	49/63	29/35	17/20
Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert. Desktop-Karten gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600; Windows 11 22H2, Vsync aus, Treiber: GeForce 528.02. RTX 3090: Founders Edition, RTX 4090: Zotac Trinity; RTX 4070 Ti: Inno 3D X3				
¹ Detailstufe „Ultra“, Raytracing „hoch“, TAA+ FFX-Sharpener ² „Ultrahoch“ + Raytracing-Schatten „Ultrahoch“ ³ „Ultra“ RT aus ⁴ „RT Ultra“, FSR/DLSS aus				

Verlustleistung (TDP) des Grafikchips bremsst massiv: Erreicht er den Schwellwert, was bei hoher GPU-Last schnell passiert, drosselt sich der Chip. Das macht das System praktisch unbrauchbar, weil es dann alle paar Sekunden zwischen flüssigen und einstelligen Bildwiederholraten alterniert. Im Test sahen wir das sowohl im 3DMark-Test als auch in Spielen wie Shadow of the Tomb Raider.

Extrakühlung

Wer am Schreibtisch noch mehr Performance aus dem Notebook herauskitzeln will, kann dies gegen Aufpreis tun: Für 250 Euro verkauft Medion eine Wasserkühlung. Sie erinnert stark an jene, die Schenker seit vergangenem Jahr für manche seiner XMG-

Neo-Notebooks offeriert [4]. Wie dort – und anders als bei Desktop-PCs üblich – ersetzt die Wasser- nicht die Luftkühlung, sondern ergänzt sie: Das Kühlsystem verfügt über eine Extraschleife, über die das Wasser zusätzlich Energie abführt.

Die Wasserkühlung ist mehr als nur ein Gimmick: Im Dauertest mit dem Spiel Metro Exodus Enhanced maßen wir unter Luftkühlung durchschnittlich 94 fps, mit Wasserkühlung hingegen 106 fps. Das liegt weniger an absolut höheren Frame-Raten, sondern hauptsächlich daran, dass sie viel weniger einknicken. Das P1-Perzentil, also die langsamsten ein Prozent aller Frames, betrug bei Luftkühlung nämlich 34 fps und bei Wasserkühlung geschmeidige 61 fps. Die Extrakühlung sorgt

Spieleleistung: Gamingnotebook mit Core i9-13900HX und GeForce RTX 4090

Notebook-Modell	Assassin's Creed: Valhalla (DX12) ¹		Shadow of the Tomb Raider (DX12) ²		Metro Exodus Enhanced (DX12, RT an) ³		Control (DX12, RT an) ⁴	
	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]	FHD [fps ⁵]	WQHD [fps ⁵]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Medion Erazer Beast X40 (Wakü) ⁶	105/160	93/136	130/211	126/190	61/109	55/98	74/112	55/71
Medion Erazer Beast X40 ⁶	102/152	81/130	127/202	116/171	54/102	52/89	77/111	55/69
zum Vergleich								
Schenker XMG Neo 15 (Wakü) ⁷	53/89	45/69	101/145	80/105	42/72	35/54	46/57	31/37
Schenker XMG Neo 15 ⁷	57/83	45/65	100/137	73/95	40/67	33/49	41/51	29/34
Asus ROG Strix G16 ⁸	53/78	46/64	80/121	76/103	38/58	30/42	26/36	17/23
Acer Swift X (SFX16-52G) ⁹	14/22	nicht gemessen	22/30	nicht gemessen	13/18	nicht gemessen	4/7	nicht gemessen
Medion Erazor Major X10 ¹⁰	39/53	33/42	62/87	42/60	36/56	29/42	26/32	19/22
Dell Alienware m15 R5 ¹¹	42/60	36/49	67/101	55/73	30/53	25/39	35/43	22/28
Lenovo Legion 5i Pro ¹²	61/86	50/69	106/146	77/103	43/71	35/53	47/58	30/37
¹ Preset „Extrem hoch“, AA „Hoch“, 16x AF ² Preset „Ultrahoch“, SMAA, 16x AF ³ Preset „Ultra“, RT „High“, ohne DLSS ⁴ Preset „High“, RT „High“, ohne DLSS ⁵ Bilder pro Sekunde in Full-HD- und WQHD-Auflösung. Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert ⁶ Core i9-13900HX/GeForce RTX 4090 ⁷ Core i9-12900H/GeForce RTX 3070 Ti, Profil „OverBoost“ ⁸ Ryzen 9 5900HX/Radeon RX 6800M ⁹ Core i7-1260P/Arc A370M ¹⁰ Core i7-12700H/Arc A730M ¹¹ Ryzen 7 5800H/GeForce RTX 3060 ¹² Core i7-12700H/GeForce RTX 3070 Ti								



Medion verkauft als Zubehör eine Wasserkühlung für das Erazer Beast X40. Damit wird das Gamingnotebook endgültig zum stationären statt mobilen System, erzielt dann aber auch etwas höhere Bildwiederholraten, die in rechenintensiven Szenen viel weniger einbrechen.

zudem dafür, dass die Lüfter leiser bleiben: Im Energieprofil „OverBoost“, das die Komponenten entfesselt, gibt es dann „nur“ 3,1 statt 4,9 sone auf die Ohren. Im ab Werk eingestellten Profil „Ausbalanciert“ bekommt man nicht die Maximalleistung von CPU und GPU, aber auch nur 2,4 sone Lüfterlärm.

Der matte 17-Zoll-Bildschirm zeigt 2560 × 1600 Pixel im Seitenverhältnis 16:10 und schafft bis zu 240 Hertz. In Spielen mit detail- und effektreichen 3D-Welten reicht selbst die hochperformante GeForce RTX 4090 nicht dafür aus. In kompetitiven Multiplayer-Titeln wie DOTA 2 oder League of Legends kann das Panel hingegen am Anschlag gefahren werden, was in hektischen Situationen mitunter den Ausschlag zwischen Sieg oder Niederlage gibt.

Medion stattet das Erazer Beast X40 mit mechanischen Cherry-MX-Schaltern aus. Die Tastatur unterscheidet sich deshalb von der anderer Notebooks mit Ruberdome-Tasten – und das nicht nur beim Tippgefühl, sondern auch bei der Lautstärke: Sie quittiert jeden Anschlag mit lautem Klicken. Beim Zocken unterm Headset fällt das einem selbst kaum auf, wohl aber eventuellen Mitbewohnern; wer ohne Kopfhörer längere Texte eintippt, leidet auch selbst. Cursorblock und Enter-Taste laufen zweizeilig, der Ziffernblock hat leider nur drei statt üblicherweise vier Spalten.

Medion verkauft das Erazer Beast X40 in zwei Konfigurationen. Das Modell mit GeForce RTX 4090 kostet wie eingangs erwähnt 4500 Euro; zum Testgerät gibt es allerdings zwei kleine Unterschiede: Statt zwei 1-TByte-SSDs sieht Medion eine 2-TByte-SSD und als WLAN-Modul statt dem Wi-Fi-6E-fähigen

AX211 nur das AX201 ohne 6-GHz-Funk. Für 3500 Euro bekommt man das Beast X40 mit dem etwas langsameren Grafikchip GeForce RTX 4080 und nur 1 TByte SSD-Speicherplatz; die restliche Ausstattung ist identisch. Die Wasserkühlung soll erst ab März erhältlich sein.

Fazit

Sehr groß, sehr schnell, aber auch sehr schwer, sehr laut und sehr teuer – so lässt sich Medions Erazer Beast X40 kurz charakterisieren. Nvidias High-End-Grafikchip GeForce RTX 4090 bringt einen Leistungssprung für Notebooks, braucht dazu aber leistungsstarke Kühlung. Wer keinen

noch flotteren und günstigeren Desktop-PC zum Zocken haben will, kann die Wasserkühlung zukaufen, die unter Dauerlast zu höheren und vor allem konstanteren Frame-Raten verhilft. (mue@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Florian Müssig, GPU-Neueinstieg, 16-Zoll-Notebooks mit Intels GPU-Debütanten Arc A370M und A730M, c't 24/2022, S. 96
- [2] Florian Müssig, Großraumbüros, 16-Zoll-Notebooks zum Arbeiten um 1000 Euro, c't 3/2023, S. 82
- [3] Christian Hirsch, Leiser Riese, Bauvorschlag für einen starken Rechner mit Ryzen 7000, c't 26/2022, S. 30
- [4] Florian Müssig, Tragbares zum Zocken, Gaming-Notebooks mit Nvidias High-End-Grafikchip GeForce RTX 3070 Ti, c't 18/2022, S. 94

Medion Erazer Beast X40: Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	30035230 ¹
Lieferumfang	Windows 11 Home, Netzteil
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)	
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	H / – / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	1 × L, 2 × R, 1 × H (Typ C) / H / L
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	R (SD) / H / –
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / –
Ausstattung	
Display	17 Zoll (43,2 cm), 2560 × 1600, 16:10, 178 dpi, 240 Hz, 17 ... 341 cd/m ² , matt, IPS
Prozessor	Intel Core i9-13900HX (8 P-Kerne + 16 E-Kerne)
Hauptspeicher	32 GByte DDR5
Grafikchip (Speicher)	Nvidia GeForce RTX 4090 (16 GByte GDDR6)
Sound	Realtek ALC274
LAN / WLAN	Realtek 8125 (2,5 GBit) / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams) ¹
Mobilfunk / Bluetooth	– / Intel
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger) / –
SSD	Phison E18 (2 × 1024 GByte) ¹ , PCIe 4.0
Gewicht, Maße, Stromversorgung	
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	2,89 kg / 38,2 cm × 27 cm / 2,5 ... 3,5 cm
Tastaturhöhe / Tastenraaster / Beleuchtung	1,9 cm / 18,5 mm × 18,5 mm / ✓
Akku (Ladestopp < 100% einstellbar)	99 Wh Lithium-Ionen (✓)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	330 W, 1177 g (–)
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	–
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	2,9 W / 0,4 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m ² / max.	5,9 W / 16 W / 20 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	116 W / 21 W / 247 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	272 W / 0,91
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m ²) / Video (200 cd/m ²) / 3D (max.)	8,3 h / 4,9 h / 1,4 h
Ladestand nach 1h Laden	82 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 4,9 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	5023 / 4225 MByte/s
Leserate SD-Karte	75 MByte/s
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m)	154-248 ¹ / 138-289 / 167-226 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 99,1 dBA
CineBench R23 Rendering (1 Thread / alle Threads)	2004 / 22341
Geekbench 5 (Single / Multi)	2000 / 15947
3DMark: Night Raid / Fire Strike / Time Spy / Port Royal	64028 / 30675 / 18333 / 13884
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	4500 €
Garantie	2 Jahre
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden ¹ siehe Text	



Qualifizieren Sie Ihre Fachkräfte für die Zukunft der IT

Mit Ihrem Partner für digitale IT-Weiterbildung

**JETZT
KOSTENLOS
TESTEN**

Die Zukunft des Lernens ist digital

Mit der Lernplattform nehmen Ihre IT-Fachkräfte ihre Weiterbildung selbst in die Hand und entscheiden individuell und im eigenen Tempo, wie, was und wo Sie lernen möchten.

Stetig wachsendes Kursangebot

100 digitale Webinare, 90 Videokurse und viele Features wie Notizen, Transkript und Übungsaufgaben ermöglichen ein interaktives und nachhaltiges Lernen.

Themen von heute und morgen

Stetig wachsende Kursbibliothek mit berufsrelevanten und praxisnahen Lernangeboten aus den Bereichen Softwareentwicklung, Webtechnologie, IT-Security und vielem mehr.

Weitere Vorteile:

- Einfache Angebotsabwicklung
- Volle Kostenkontrolle durch individuelle Gruppenlizenzen
- Teilnahmebescheinigungen

Jetzt 30-Tage-Test für Ihr Team anfragen:
heise-academy.de





Chipstapel gegen Brechstange

High-End-Prozessoren Ryzen 9 7950X3D und Core i9-13900KS im Vergleich

Im Duell um das Siegereck bei Gaming-CPUs setzen AMD und Intel auf komplett unterschiedliche Konzepte. Wir haben die Spitzenmodelle nicht nur bei 3D-Spielen, sondern auch bei professionellen Anwendungen gegeneinander antreten lassen.

Von Christian Hirsch

Beim Kampf um die Performancekrone bei Desktop-PC-Prozessoren geht es außer um verkaufte Stückzahlen hauptsächlich ums Prestige. Im Herbst 2022 schickten AMD und Intel ihre neuen CPU-Generationen Ryzen 7000 „Raphael“ und Core i-13000 „Raptor Lake“ ins Rennen. Während AMD mit gleich drei Neuerungen wie Zen-4-Architektur, AM5-Plattform und 5-Nanometer-Fertigung vorlegte, konterte Intel mit mehr Kernen und höherem Takt.

Zum Jahresbeginn folgen nun die neuen Spitzenmodelle Core i9-13900KS

Special Edition und Ryzen 9 7950X3D, die vor allem bei PC-Spielen neue Leistungsrekorde holen sollen. Im Vergleich zur bisherigen Top-CPU Core i9-13900K darf die Special Edition als erster x86-Prozessor bis auf 6 GHz hochtakten. Zudem erlaubt der Chiphersteller beim Core i9-13900KS, das schon bisher absurde Power-Limit von dauerhaft 253 Watt mit passendem Mainboard und starkem Kühler auf 320 Watt zu erhöhen.

In die dritte Dimension

AMD wählt einen anderen Weg. Statt höherem Takt verdoppelt AMD beim Ryzen 9 7950X3D und 7900X3D den Level-3-Cache zu den weiter erhältlichen Ryzen 9 7950X und 7900X auf insgesamt 128 MByte. Von diesem größeren Pufferspeicher profitieren Programme mit vielen Speicherzugriffen zugleich auf wenige verschiedene Daten, insbesondere 3D-Spiele. Mit 32 MByte pro CPU Core Die (CCD), den sich jeweils acht Kerne teilen, haben schon die Ryzen 7000X vergleichsweise viel Zwischenspeicher [1]. Die neu hinzugekommenen 64 MByte packt AMD in einen separaten Chip anstatt neuere, größere CCDs zu fertigen. Das verringert die

Kosten, denn mit der Größe eines Chips sinkt die Ausbeute. Es erhöht zudem die Flexibilität in der Produktion.

Der Cache sitzt jedoch nicht neben den CCDs und dem I/O-Die auf dem Träger, sondern AMD geht in die dritte Dimension und stapelt ihn als sogenannten 3D V-Cache oben auf eines der beiden CCDs der Ryzen 9 7000X3D. Das hat den Vorteil, dass die Latenzen kurz bleiben. Unsere Messungen bestätigen, dass die Antwortzeit des L3-Cache mit und ohne Stapelspeicher jeweils rund 12 Nanosekunden beträgt.

AMD hat bereits von vornherein die für 3D V-Cache notwendigen, vertikalen Anschlussleitungen aus Kupfer in den CPU Core Dies untergebracht. Durch diese Through-Silicon-Vias (TSV) kommuniziert der Stapelcache mit dem darunterliegenden CCD. An der Kontaktstelle sind die beiden Chips jedoch nicht verlötet, sondern verklebt und die Kupferleitungen liegen direkt aufeinander auf. Der seitliche Abstand zwischen zwei TSVs beträgt im Minimum lediglich neun Mikrometer.

Das Halbleiter-Die mit dem zusätzlichen Cache ist kleiner als das darunter liegende CPU Core Die und deckt lediglich den Bereich des normalen L3-Caches ab und nicht die am Rand sitzenden CPU-Kerne. Aus thermischen und strukturellen Gründen packt AMD deshalb seitlich Blankochips darauf. Damit die CCDs mit und ohne 3D V-Cache auf die gleiche Höhe kommen, schleift AMD das CPU Core Die bei der Fertigung stärker ab.

Ungleiche Kerne

Im Unterschied zu den Achtkernern Ryzen 7 5800X3D und dem kommenden Ryzen 7 7800X3D, bei denen es nur ein CPU Core Die gibt, auf dem der zusätzliche 3D-Cache sitzt, bestehen die Ryzen 9 7000X3D mit 12 und 16 Kernen aus zwei CCDs. Aus Kosten- und Performancegründen hat sich AMD entschieden, bei diesen Prozessoren nur eines der beiden CCDs mit Stapelcache auszurüsten. Denn durch das aufgebrachte Cache-Die verschlechtert sich die Wärmeabgabe. Deshalb limitiert AMD die Leistungsaufnahme bei den Ryzen 7000X3D auch auf 162 Watt (120 Watt TDP) statt 230 Watt (170 Watt TDP) und schränkt außer den maximalen Taktraten auch das Overclocking ein.

Um das Problem abzumildern, gibt es im Ryzen 9 7900X3D und Ryzen 9 7950X3D zwei unterschiedlich schnelle CCDs: Eines, das mit dem Spitzentakt ar-

beitet und ein zweites mit zusätzlichen 64 MByte L3-Cache. Das Problem fürs Betriebssystem ist es nun, die Anwendungen, speziell 3D-Spiele, den richtigen Kernen zuzuweisen.

Schon seit einigen Jahren kennt der Scheduler von Windows 10 und 11 die Besonderheiten der Ryzen-CPU, dass diese aus mehreren CPU Core Dies bestehen können. Weil die Kommunikation mit Kernen im anderen CCDs über das I/O-Die wesentlich länger braucht, packt Windows die Threads einer Anwendung möglichst auf die Kerne eines CCDs. Und da nicht alle Kerne den höchsten Turbotakt erreichen, markiert AMD die besten Kerne, denen das Betriebssystem primär Software-Threads zuweist.

Bei den Ryzen 9 7000X3D ist das Ganze noch komplexer, denn der Scheduler muss nun zusätzlich entscheiden, ob maximaler Takt oder aber großer Cache gefordert sind. AMD liefert deshalb einen aktualisierten Chipsatztreiber, der unter anderem einen zusätzlichen Hintergrunddienst installiert. Dieser hilft dem Betriebssystem, 3D-Spiele dem CCD mit dem größeren Cache zuzuweisen. Zusammen mit der in Windows integrierten Xbox Game Bar erkennt er, wenn ein Spiel im Vollbildmodus beziehungsweise im Vordergrund läuft. Zudem tauchen im Geräte-Manager bei einem Ryzen 9 7000X3D zusätzlich der AMD 3D V-Cache Performance Optimizer und das AMD PPM Provisioning File auf.

Einstellungsmarathon

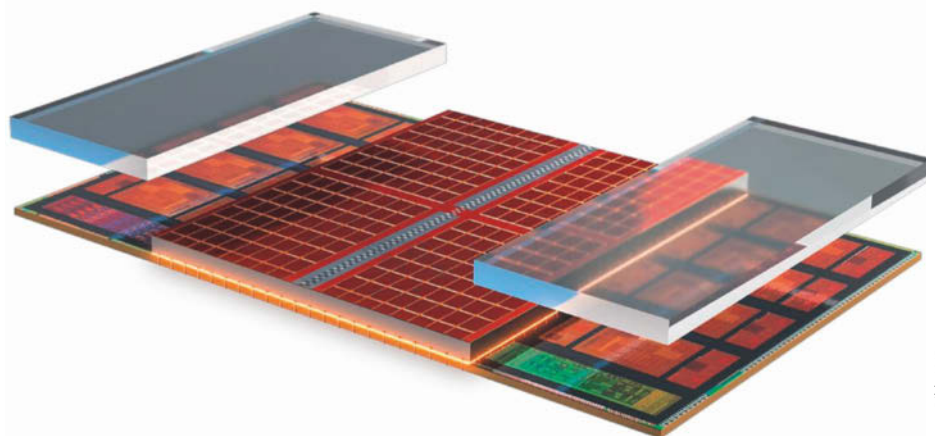
Damit die Ryzen-Prozessoren mit dem zusätzlichen Cache rund laufen, gibt es von AMD einen Katalog an Dingen, die zu be-

achten sind. An erster Stelle stehen ein aktuelles BIOS fürs Mainboard sowie ein installierter AMD-Chipsatz-Treiber ab Version 5.01.03.005. Damit die Erkennung korrekt funktioniert, muss zudem in den Systemeinstellungen von Windows der Spielmodus aktiviert sein. Des Weiteren sollen Anwender laut AMD die Xbox Game Bar App über den Microsoft Store aktualisieren und sie selbstredend auch nicht deaktivieren.

Beim im April erscheinenden Ryzen 7 7800X3D dürfte ein Teil oder gar alles davon entfallen. Denn dieser Prozessor hat nur acht Kerne und besteht deshalb nur aus einem einzelnen CCD mit 3D V-Cache.

In der Praxis führt das Software- und Treiberkonglomerat dazu, dass bei 3D-Spielen nur das CCD mit 3D V-Cache aktiv ist und alle anderen acht CPU-Kerne sich per Core-Parking-Funktion abschalten, selbst wenn Spiele mehr als 16 Threads ausreizen. Der Task-Manager von Windows 11 bestätigte uns das. Laufen weitere Anwendungen, sodass insgesamt mehr als acht Kerne ausgelastet sind oder wechselt man zu einer anderen Anwendung, nutzt der Scheduler wieder alle 16 Kerne des Ryzen 9 7950X3D.

Intel ändert beim Core i9-13900KS Special Edition im Unterschied zu AMD nichts am Silizium, sondern dreht die Taktschraube einfach noch etwas weiter als beim Core i9-13900K [2]. Statt 5,8 GHz darf er mit bis 6 GHz laufen. Allerdings gilt das nur für Last auf maximal zwei Kernen und solange die CPU-Temperatur unter 70 Grad Celsius bleibt. Ist beides nicht erfüllt, bleibt es wie beim Core i9-13900K bei 5,4 GHz. Den Nominaltakt hat



Die schematische Darstellung zeigt in der Mitte den aufgestapelten Cache. Rechts und links davon sitzen die CPU-Kerne. Die transparent dargestellten Dummy-Chips bringen das CPU Core Die auf eine gleichmäßige Höhe.

Bild: AMD

Intel beim Core i9-13900KS ebenfalls um 200 MHz auf 3,2 GHz für die acht P- und 2,4 GHz für die 16 E-Cores erhöht.

Damit das klappt, steigt die Processor Base Power von 125 auf 150 Watt. Allerdings handelt es sich dabei nur um eine theoretische Größe, denn der Core i9-13900KS darf dauerhaft 253 Watt verheizen. Mit Intels Segen dürfen Nutzer auf ausgewählten Z690- und Z790-Mainboards mit leistungsfähigen Wandler-schaltungen die Power Limits im Extreme-Power-Delivery-Modus auf 320 Watt und den Maximalstrom von 307 auf 400 Ampere erhöhen. Um die Hitze abzuführen, haben wir auf die CPU die Wasserkühlung Arctic Liquid Freezer II 420 mit drei 14-Zentimeter-Lüftern gebaut. Dennoch erreichte die CPU unter Volllast innerhalb weniger Sekunden ihre Drosseltemperatur von 100 Grad Celsius.

Takt gegen Cache

Im Duell der beiden Spitzen-CPU's Core i9-13900KS und Ryzen 9 7950X3D gibt es wie schon bei den Vorgängern Core i9-13900K gegen Ryzen 9 7950X, zumindest was Anwendungen betrifft, keinen klaren Sieger. Mit bis zu 6 GHz Takt holt sich Intel die Krone bei der Singlethreading-Leistung und kommt auf sehr gute 2324 Punkte im Rendering-Benchmark Cinebench R23. In

dieser Disziplin rechnet er rund 13 Prozent schneller als die AMD-Konkurrenz.

Bei Software, die viele Threads nutzt, liegt mal der eine, mal der andere der High-End-Prozessoren vorne. Im Cinebench R23 knackt der Core i9-13900KS mit 320 Watt Power Limit die 40.000-Punkte-Marke. Mit den standardmäßigen 253 Watt schmilzt der Vorsprung auf den Ryzen 9 7950X ohne 3D-Cache von 5 auf 1,7 Prozent zusammen. Intel-Domäne ist das Rekodieren von Videos mit Handbrake, was der 13900KS 26 Prozent schneller erledigt als der 7950X3D.

Dem Ryzen mit 3D-Cache liegen vor allem wissenschaftliche Anwendungen mit großen Datenmengen und vielen Speicherzugriffen. In SRMP (Surface-Related Multiples Prediction) wertet er seismische Daten zehn Prozent schneller aus. Die Benchmark-Suite Rodinia Life Science absolviert er 37 Prozent flotter, die unter anderem Bilddaten eines schlagenden Herzens analysiert sowie thermische Hotspots bei Prozessoren und Partikelbewegungen simuliert. Nur geringe Unterschiede gibt es beim Kompilieren des Linux-Kernels mit Kbench und dem Dateien-komprimieren mit 7-Zip.

Paradisziplin des jüngsten Ryzen-Sprosses sind aber 3D-Spiele. Dort lässt er bei Full-HD-Auflösung (1920 × 1080

Pixel) sämtliche Desktopprozessoren hinter sich. Intels 6-GHz-Monster muss sich je nach Titel mit einem Rückstand 15 bis 25 Prozent geschlagen geben. Die alte Weisheit, dass Spiele eher von wenigen, aber sehr schnellen CPU-Kernen profitieren, ist zwar damit nicht hinfällig. Aber statt Gigahertz zählen MByte beim L3-Cache einfach mehr.

Bei 4K-Auflösung (3840 × 2160 Pixel) bestimmt jedoch meist die Grafikkarte und nicht der Prozessor die Bildrate. In Szenen mit vielen Physikeffekten limitiert aber weiter die CPU. Bei Horizon Zero Dawn erreichen der Ryzen 7 5800X und Ryzen 9 7950X3D mit einer GeForce RTX 4090 beispielsweise im Schnitt 149 beziehungsweise 160 fps. Das 1-Prozent-Perzentil der langsamsten Einzelbilder liegt mit 103 zu 119 fps aber wesentlich weiter auseinander.

AMD versus AMD

Im direkten Vergleich des Ryzen 9 7950X3D mit dem 7950X hängt es ebenfalls von den Anforderungen der Software ab, wer als Sieger die Arena verlässt. Software wie der Rendering-Benchmark Cinebench R23, der wenig auf den Speicher zugreift, aber viele Kerne auslastet, läuft auf dem Ryzen 9 7950X3D sogar um sechs Prozent langsamer. Das liegt daran, dass

Ryzen 9 7950X3D gegen Core i9-13900KS

Prozessor	Kerne / Threads	Takt / Turbo	Cinebench R23 1T	Cinebench R23 MT	Effizienz [Cinebench/W]	Preis/Leistung [Cinebench/€]	Leistungsaufnahme Leerlauf / Volllast [W]
			besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Ryzen 9 7950X3D	16 / 32	4,2 / 5,7 GHz	2051	36316	186	46	44/205
Ryzen 9 7950X	16 / 32	4,5 / 5,7 GHz	2053	38491	131	63	44/305
Core i9-13900KS (320 W) ¹	8P+16E / 32	3,2 / 6,0 GHz	2324	40535	96	53	34/485
Core i9-13900KS (253 W)	8P+16E / 32	3,2 / 6,0 GHz	2324	39146	109	52	34/386
Ryzen 7 5800X3D	8 / 16	3,4 / 4,5 GHz	1492	14708	94	44	36/175
Ryzen 7 5800X	8 / 16	3,8 / 4,7 GHz	1599	15396	84	68	35/175
Ryzen 7 7700X	8 / 16	4,5 / 5,4 GHz	2000	19907	105	57	42/224
Core i5-13500	6P+8E / 20	2,5 / 4,8 GHz	1861	18486	113	70	28/114

gemessen mit Windows 11 22H2, AM4: 16 GByte DDR4-3200, AM5: 32 GByte DDR5-5200, LGA1700: 32 GByte DDR5-5600

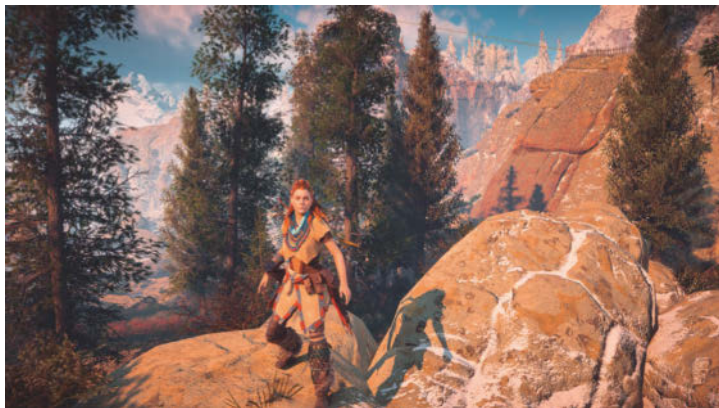
¹ CPU erreicht Drosseltemperatur

Ryzen 9 7950X3D gegen Core i9-13900KS

Prozessor	Kbench Linux 5.19.5 [s]	Handbrake 1.6.1, Fast1080p30 [fps]	7-Zip komprimieren [MByte/s]	SRMP	Rodinia Life Science	F1 22, Ultra High, RT off, Full HD [fps]	Cyberpunk 2077, Ultra, Full HD [fps]	Horizon Zero Dawn, Ultimate, Full HD: 1%-Perzentil / Durchschnitt [fps]
	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Ryzen 9 7950X3D	39	115	147	5,86	6,61	462	218	181/257
Ryzen 9 7950X	40	114	143	5,2	6,1	344	189	155/228
Core i9-13900KS (320 W) ¹	38	145	144	5,35	4,91	362	187	138/197
Core i9-13900KS (253 W)	38	143	144	5,3	4,84	370	184	137/196
Ryzen 7 5800X3D	88	68	74	3,16	3,26	353	186	161/234
Ryzen 7 5800X	89	62	69	2,04	2,54	306	143	131/199
Ryzen 7 7700X	66	89	96	2,6	3,79	345	164	155/228
Core i5-13500	80	89	83	2,22	3,12	245	142	117/161

gemessen mit Windows 11 22H2, AM4: 16 GByte DDR4-3200, AM5: 32 GByte DDR5-5200, LGA1700: 32 GByte DDR5-5600

¹ CPU erreicht Drosseltemperatur



der 16-Kerner mit Zusatzcache ein geringeres Power-Limit hat und deshalb nicht so hoch taktet.

Bei 3D-Spielen trumps der große L3-Cache dagegen mit seinen Stärken auf: Im Schnitt liegt die Bildrate bei Full-HD-Auflösung um 15 Prozent höher, bei F1 22 sind es sogar 34 Prozent. Bei Anwendungen nähern sich Ryzen 9 7950X3D und 7950X an. Durch den zusätzlichen Cache rechnen Profianwendungen der Rodinia-Life-Science-Suite und SRMP rund 10 Prozent schneller. Beim Kompilieren, Video rekodieren und Dateien komprimieren schrumpft der Bonus durch den großen Cache auf null bis zwei Prozent zusammen.

Beim älteren Ryzen 7 5800X3D mit 3D V-Cache ist die Performancedifferenz zum normalen 5800X bei Anwendungen wesentlich größer. Vermutlich liegt das schlicht am Sättigungseffekt. Der Sprung von 32 auf 96 MByte L3-Cache bei den Ryzen 5000er ist relativ betrachtet größer als von 64 auf 128 MByte bei den 7000ern. Die 340 Euro teure Zen-3-CPU macht trotz der älteren Architektur bei 3D-Spielen noch immer eine gute Figur und kann mit den aktuellen Prozessoren mithalten.

Zum Vergleich haben wir außerdem bezahlbare CPUs wie den Achtkerner Ryzen 7 7700X und den 14-Kerner Core i5-13500 für 350 beziehungsweise 265 Euro in den Vergleich genommen, die in wesentlich mehr Gaming-PCs stecken werden als die über 750 Euro teuren High-End-Chips. Diese fallen bei Multithreading-Anwendungen klar zurück. Für Gamer empfiehlt sich in diesem Preissegment eher der Ryzen 7 7700X, während Office-Anwender mit dem Core i5-13500 besser bedient sind.

Die Effizienzwertung im Spitzenduell kann der Ryzen 9 7950X3D dank des geringeren Power-Limits von 162 Watt klar für sich entscheiden. Mit 186 Cinebench-Punkten pro Watt Gesamtleistungsauf-

nahme des Systems hängt er nicht nur den Core i9-13900KS klar ab, sondern auch alle anderen CPUs im Test. Egal, ob AMD oder Intel, oberhalb von 150 Watt arbeiten moderne Prozessoren sehr ineffizient. Für ein wenig mehr an Performance muss man überproportional viel Energie in den Chip pumpen. Das demonstriert Intel sehr schön, wenn man die Effizienz bei 253 und 320 Watt vergleicht: Für die dreieinhalb Prozentpunkten Performancegewinn im Cinebench R23 schluckt der Rechner gleich 62 Watt beziehungsweise 17 Prozent mehr Strom.

Fazit

Den Titel der schnellsten Gaming-CPU holt sich der Ryzen 9 7950X3D dank des zusätzlichen Cache mit großem Abstand auf den Core i9-13900KS und Ryzen 9 7950X. Statt stumpf die Leistungsaufnahme hochzudrehen, hat AMD mit 3D V-Cache einen smarten Weg gewählt, um die Performance zu steigern. Dadurch arbeitet der Ryzen 9 7950X3D mit niedriger TDP effizienter als die anderen High-End-CPU's, muss aber bei einzelnen Anwendungen zurückstecken. In dieser Disziplin kann Intel mit den hohen Taktfrequenzen vorlegen.

Wer keine 750 Euro für einen Prozessor ausgeben will, sollte für einen neuen Gaming-PC noch bis April warten, wenn der günstigere Achtkerner Ryzen 7 7800X3D in den Handel kommt. Wer schon einen AM4-Rechner sein Eigen nennt, kann das System mit dem derzeit recht günstigen Ryzen 7 5800X3D aufrüsten. Bei Spielen überholt er viele modernere CPUs.

(chh@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Carsten Spille, Fünf ist Trümpf, Ryzen 7000: Vier Desktop-Prozessoren für die Fassung AM5, c't 22/2022, S. 56
- [2] Christian Hirsch, Jetzt schlägt's 13, Intel-Prozessoren Core i9-13900K und i5-13600K mit noch mehr Kernen, c't 24/2022, S. 100

Wir schreiben Zukunft.

Der zusätzliche Level-3-Cache beschleunigt vor allem 3D-Spiele wie Horizon Zero Dawn.



35 %
Rabatt

2 Ausgaben
MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl

mit-tr.de/testen

mit-tr.de/testen

leserservice@heise.de

+49 541/80 009 120



Scheinriesen

Vier Spielegrafikkarten mit Nvidia GeForce RTX 4070 Ti im Test

Unter den aktuellen High-End-Pixelschleudern ist Nvidias GeForce RTX 4070 Ti noch die günstigste. Sie reicht für ruckelfreies 4K-Gaming und schlägt die teils teureren Vorgängerkarten. Wir testeten vier Varianten von 900 bis 1250 Euro.

Von Carsten Spille

Schon vor ihrem Erscheinen verursachte die GeForce RTX 4070 Ti einigen Wirbel. Eigentlich hätte sie laut Nvidias Ankündigung der RTX-4000-Reihe als „GeForce RTX 4080 12 GB“ auf den Markt kommen sollen. Aber dieser Minimalunterschied zur echten RTX 4080 beim Namen, zumal auf einem anderen Grafikchip basierend, war dann wohl selbst Nvidia eine Nummer zu dreist.

Lange Zeit mussten Spieler und andere, die eine leistungsstarke Grafik brauchen, vierstellige Beträge auf den Tresen blättern. Nach verschobener Vorstellung kam am 5. Januar die nun GeForce RTX

4070 Ti genannte Karte zu einem unverbindlichen Verkaufspreis ab 900 Euro auf den Markt. Sie war damit die erste Karte der aktuellen Generation, die zwar sehr teuer ist, aber deutlich unter 1000 Euro blieb. Die ursprünglich avisierte Founders Edition, also eine Nvidia-eigene Variante der RTX 4080 12GB, wurde gestrichen und vielfältige Partnerkarten kamen direkt auf den Markt. Das Angebot reicht von einfachen Dual-Slot-Karten für knapp 900 Euro bis zu aufwendig gekühlten und schick RGB-LED-beleuchteten Giganten für Preise weit jenseits der 1000 Euro.

Aus diesem breit gefächerten Angebot haben wir uns einen Querschnitt ins Test-

labor geholt. Dabei sind als einfacher Dual-Slot-Vertreter die X3 von Inno 3D, die wir kauften, eine massive Asus TUF Gaming OC RTX 4070 Ti, die schicke AMP AIRO von Zotac und schließlich der Suprim-X-Trumm von MSI, dessen Ausmaße den Rest des Testfeldes geradezu zwergenhaft erscheinen lassen.

Spannenderweise arbeiten alle mit demselben Powerlimit von 285 Watt, wie es von Nvidia vorgesehen ist. Der Mehrtakt der OC-Varianten ist mit maximal sechs Prozent nur sehr gering und der Boost-Takt erreicht bei guter Kühlung sowieso höhere Werte als das, was auf dem Papier angegeben ist. So liegen zwischen den 2610 MHz der Inno-3D-Karte und den 2775 MHz der MSI Suprim X zwar nominell 165 MHz und damit die genannten sechs Prozent, aber in der Praxis erreichte auch die Inno-Karte knapp bis zu 2,8 GHz im Test.

Die Fragen lauteten also, wie lange können die Kühler die Karten so weit abkühlen, dass sie den Boost halten können und wie viel Krach machen sie dabei? Die Antworten darauf geben unsere Benchmark-Ergebnisse.

Allen gemein

Mit ihrem AD104-Grafikchip, hoher Rechenleistung und 12 GByte Grafikspeicher sollen die Testkandidaten Spielern mit WQHD-, aber auch 4K-Bildschirmen die 3D-Pixel flüssig animieren und dabei trotz kleineren Speichers und weniger Rechenleistung die AMD Radeon RX 7900 XT



David gegen Goliath: Die Inno-3D-Karte (links) nimmt sich gegen MSIs Suprim X wie ein Zwerg aus, ist jedoch kaum langsamer.

ausstechen, die im selben Preissegment wildert.

Apropos Rechenleistung: Durch den hohen Takt und wegen moderner Fertigung dichter gepackten Transistoren erreicht die 4070 Ti ziemlich genau das Niveau der RTX 3090 Ti der Vorgängergeneration – obwohl der Grafikchip nicht einmal halb so groß ist.

Der Pferdefuß dabei ist die niedrigere Speichertransferrate. Ihre Speicher-schnittstelle hat nur halb so viele parallele Datenleitungen wie die der RTX 3090 Ti und schafft daher nur 504 GByte pro Sekunde anstatt 1008. Diesen Nachteil will Nvidia mit einem großen Level-2-Cache ausgleichen, aus dem möglichst viele Zugriffe bedient werden sollen. Er fasst 48 MByte, der der RTX 3090 Ti nur 6. Einen ähnlichen Weg geht auch AMD seit ein paar Jahren. Sie stellen den großen Infinity Cache genannten Zwischenspeicher aber in die dritte Reihe. Er ist bei der Ra-

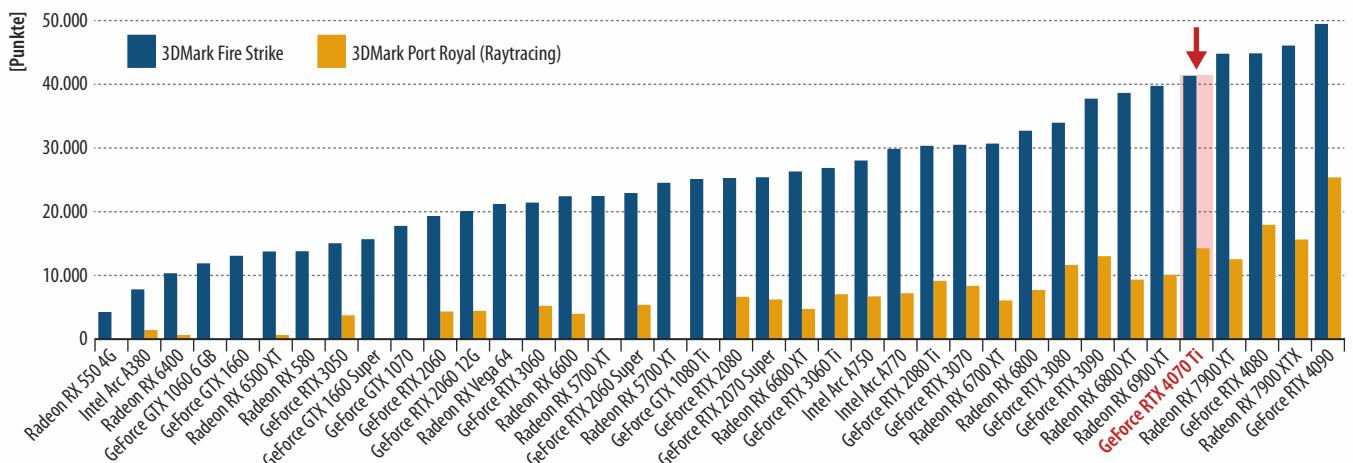
deon RX 7900 XT immerhin 80, bei der RTX 96 MByte groß. Zusätzlich haben beide Radeon-Grafikchips eine wesentlich breitere Speicherschnittstelle als die RTX 4070 Ti. Das Duell dürfte spannend werden, und die Benchmarks interessant.

Die 7680 Shader-Rechenkernchen bei Nvidias Grafiknechten sind in 60 Shader-Multiprozessoren zusammengefasst, von denen jeder einen Raytracing- und vier Tensorkerne hat, insgesamt also 60 respektive 240 Stück. Diese Spezialhardware kann die universellen Shadereinheiten bei Strahlenverfolgung in Spielen oder Rendering-Programmen sowie bei KI-Berechnungen entlasten, unter anderem in Nvidias Upscaler Deep Learning Super Sampling (DLSS). Letzterer kann nun auch Zwischenbilder einfügen – einen Test dazu planen wir für eine der kommenden Ausgaben von c't. Die RTX 4070 Ti hat einen PCIe-4.0-Anschluss und nutzt ihren Speicher via rBAR flexibel [1].

Leistungsübersicht 3D-Grafikkarten

37 Grafikkarten im Leistungsvergleich, sortiert von links nach rechts nach zunehmender Leistung im 3DMark Fire Strike. Die Rangfolge der Raytracing-

Performance im 3DMark-Test Port Royal weicht davon ab, daher die etwas wild durcheinander erscheinenden, kürzeren Balken.



Wie die übrigen RTX-4000-Karten beherrscht sie DirectX 12 Ultimate samt ihrer Paradedisziplin Hardware-Raytracing und ist darüber hinaus zu Vulkan 1.3, OpenCL/-GL sowie Nvidias hauseigener CUDA-Schnittstelle für allgemeine Berechnungen und dem Optix-Backend für Raytracing und Denoiser kompatibel. Ihre Displayausgänge versorgen zwei 8K-Bildschirme (7680 × 4320 Bildpunkte) mit bis zu 60 Hertz oder vier 4K-Displays mit bis zu 240 Hertz. Die Videoeinheiten unterstützen die CPU außer bei H.264, H.265 oder VP9 auch beim De- und Encodieren des platzsparenden AV1-Codecs.

Das Testfeld

Wirklich klein ist keine der Karten und dreien von ihnen (Asus, MSI, Zotac) liegt eine magnetisch im Gehäuse gehaltene GPU-Stütze bei. Für den stationären Betrieb können diese die jeweilige Karte tatsächlich entlasten, aber die Stützkraft als auch die Haftung auch am Gehäuseboden durch den Magneten reicht nicht für einen sicheren Transport. Soll der Rechner also zur nächsten LAN-Party mitkommen, heißt es, vorher Stütze und Grafikkarte auszubauen und sie separat verpackt zu transportieren.

Am kompaktesten war die Inno 3D GeForce RTX 4070 Ti X3. Sie belegte mit ihrem Dual-Slot-Kühler nur einen zusätzlichen Steckplatz außer dem PCIe-4.0-Anschluss der Karte, ist knapp 30 Zentimeter lang und ragt auch nach oben kaum über die Slotblende hinaus. Wie die anderen drei Modelle auch hat sie drei Axiallüfter, die die erhitzte Luft größtenteils im Gehäuse verteilen. Da die Platinen alle-

samt deutlich kürzer als die Kühler sind, pustet der jeweils hintere Lüfter durch die Alurippen die warme Luft in der Regel in den Ansaugstrom des CPU-Kühlers.

Die Asus- und MSI-Karten besitzen ein Dual-BIOS, welches man per Schiebeschalter auf der Karte umschaltet. In beiden Fällen ändert sich jedoch nur das Lüfterprofil; Powerlimit und Taktraten bleiben gleich. Deswegen haben wir auch keine signifikanten Leistungsunterschiede gemessen, sodass in der Regel das leisere Profil („Silent“ oder „Quiet“) die sinnvollere Option ist. Höhere Taktraten gibt es bei beiden Karten nur über die jeweilige Software, also das „MSI Dragon Center“ oder „Asus GPU Tweak III“ – wenn auch nur in so geringem Maße, dass man sich die Installation der Software sparen kann.

Wer auf schicke Optik steht, bekommt besonders bei MSI und Zotac einiges geboten, Asus und Inno 3D sind da nüchterner unterwegs. Bei MSI strahlt die Lightshow auch auf der Kartenrückseite, bei Zotac und Asus hauptsächlich an der Oberkante, Inno 3D illuminiert nur das Firmenlogo.

Allen drei gemein ist, dass das Anschlusskabel für den 16-poligen ATX 12VHPWR nach oben hin absteht und man es möglichst nicht eng biegen sollte, da ansonsten Schmelzgefahr bestehen kann [2]. Das macht die geringe Bauhöhe der Zotac und der Inno 3D leider fast zur wertlosen Tugend. Je mehr Platz nach oben frei ist, desto besser. Abhilfe kann hier ein 90-Grad-Adapter aus dem Zubehörhandel schaffen. Leider hat keiner der Hersteller so einen beigelegt.



Asus TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti

Die TUF Gaming RTX 4070 Ti war – untypisch für eine Asus TUF – zum Testzeitpunkt eine der günstigsten RTX 4070 Ti, rangiert aber leistungsmäßig im oberen Teil des Testfeldes. Als einzige Karte im Vergleich hat sie ab Werk einen zweiten HDMI-Ausgang, kann aber dennoch nur maximal vier Displays ansteuern.

Ihr mächtiger Kühler ragt zwar über einen dritten Slot hinaus, hat aber speziell mit dem optionalen Quiet-BIOS das Potenzial, Grafikchip und Speicher angenehm leise zu kühlen. Doch auch im werkseitig eingestellten Performance-Modus ist sie kein Radaubruder. Per Aurasync-Software konfiguriert man die dezenten RGB-LEDs am hinteren Teil der Karte.

Ihren Strombedarf deckt die Asus-Karte entweder per beiliegendem Adapter über zwei Achtpolanschlüsse vom Netzteile oder direkt via 16-poligem ATX 12VHPWR. Das Handbuch weist darauf hin, für diese keine (zusätzlichen) Y-Adapter oder gemeinsame Zuleitungen zu nutzen. Den OC-Modus mit 30 MHz (oder 1,09 Prozent) mehr Takt schaltet das Asus-Tool GPU-Tweak III frei, die Schalterstellung des BIOS-Switches verändert lediglich die Lüfterkurve.

Die kleine GPU-Stütze, die Asus der Karte beilegt, haftet magnetisch am Gehäuseboden. Vor dem Transport des Rechners sollte man sie entfernen, ebenso wie die ganze Grafikkarte.

- 👆 leiser Kühler
- 👆 speziell mit Quiet-BIOS
- 👇 OC-Modus nutzlos

Preis: circa 900 Euro



Die RTX 4070 Ti schafft selbst den Grafikkacher Cyberpunk 2077 inklusive Raytracing-Effekten mit brauchbar flüssigen 45 fps.



Inno 3D GeForce RTX 4070 Ti X3

Als eine der günstigsten RTX-4070-Ti steht die Inno-3D-Karte nicht nur in Preissuchmaschinen weit oben. Sie hat aufgrund der vergleichsweise kompakten Abmessungen ihres Zwei-Slot-Kühlers auch die beste Gehäusekompatibilität im Testfeld und passt mit ihren knapp 30 Zentimetern Boardlänge sogar in viele Mini-ITX-Gaming-Rechner hinein. Schade, dass der 12VHPWR-Anschluss nach oben absteht und zu kleine Biegeradien nicht goutiert. Damit fallen besonders schmale Gehäuse, in die die Karte selbst hineinpassen würde, aus der Wahl. Der kompakte Kühler mit den drei Lüftern resultiert in einem nicht mehr ganz leisen Betrieb unter Volllast: 1,6 sone hört man auch aus dem geschlossenen Gehäuse unterm Schreibtisch.

Auch wenn es am Produkt selbst nichts ändert, der Inno-3D-Slogan „Brutal by Nature“ erscheint uns nicht mehr zeitgemäß. Inno 3D hinterleuchtet bei der RTX 4070 Ti X3 lediglich das Firmenlogo dezent mit LEDs.

In Sachen Performance bietet die Karte im Vergleich zu den übertakteten 4070 Ti nur Standardkost, schlägt aber selbst damit noch die High-End-Modelle der Vorgängergeneration. Den Unterschied von höchstens 6 Prozent zu den OC-Karten spürt man beim Spielen nicht, man kann ihn höchstens in Benchmarks messen.

- 👆 mit 900 Euro günstig
- 👆 kompakte Maße
- 👇 Kühler deutlich hörbar

Preis: circa 900 Euro



MSI GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G

Die Suprim X liefert den größten Klopfer im Testfeld. Die Karte ist am längsten, am dicksten und am schwersten und hat überdies die größten Lüfter. Dennoch zieht sie unter Volllast ab Werk nur wenige Watt mehr als die Konkurrenten. Umso bedauerlicher, dass ihr Kühler im Werkzustand den meisten Krach macht – das wäre nicht nötig, wie auch der nicht spürbar langsamere Silent-Modus beweist.

Im Leerlauf erweist sie sich im Vergleich als ziemlicher Schluckspecht, hier könnte MSI noch nachbessern. Dafür hat sie die umfangreichste und schickste RGB-LED-Beleuchtung im Testfeld, die aber sicher nicht gerade beim Stromsparen hilft. Der Extrem-Performance-Modus, den das MSI-Dragon-Center aktiviert, ist mit 15 MHz extra (+0,5 Prozent) ziemlich sinnlos.

Die potente Kühlung erlaubt der Suprim X, einen hohen Takt zu halten, der wie bei den anderen Karten von Spiel zu Spiel und Anwendung zu Anwendung schwankt. Insgesamt liegt sie damit an der Spitze des Testfeldes, auch wenn die Unterschiede marginal sind und nur selten aus den Messschwankungen herausstechen. Mit ihrem hohen Preis wildert sie beinahe schon im Revier der schnelleren RTX 4080 und definitiv in dem von AMDs ebenfalls schnellerer Radeon RX 7900 XTX.

- 👆 schicke RGB-LED-Beleuchtung
- 👆 angenehm leise mit Silent-BIOS
- 👇 hohe Leerlaufleistungsaufnahme

Preis: circa 1260 Euro



Zotac Gaming GeForce RTX 4070 Ti AMP AIRO

Zotacs AMP AIRO macht optisch einiges her und verfügt über eine schicke RGB-LED-Phalanx in der Kunststoffabdeckung des Kühlers. Dessen drei große Lüfter müssen ordentlich schufte, um die knapp 270 Watt Abwärme fortzuschaffen. Das gelingt ihnen immerhin etwas leiser als bei der Inno-3D-Karte, aber mangels Dual-BIOS gibt es keine Werksoption für einen flüsterleisen Betrieb.

Die Karte ist von Haus aus nur wenig übertaktet und platziert sich daher mit einem Abstand von gerade einmal 2 Prozent nur minimal vor der Zwei-Slot-Konkurrenz – wie gehabt zwar mess-, aber nicht spürbar. Für die Stromversorgung legt Zotac trotz gleicher Powerlimits wie bei den anderen RTX 4070 Ti einen 12VHPWR-Adapter auf drei 8-Pin-Anschlüsse bei, die man auch alle bestücken soll. Der kleine GPU-Ständer ist das nützlichste Stück aus dem Beigabepaket. Er verhindert, dass die Karte sich durch ihr Eigengewicht durchbiegt. Transportsicher ist er mit seiner magnetischen Halterung aber nicht.

Als einziger Hersteller bietet Zotac dem Nutzer die Option, die dreijährige Garantie mittels Registrierung binnen 28 Tagen nach Kauf um zwei Jahre zu verlängern.

- 👆 RGB-LED-Beleuchtung
- 👆 bis zu 5 Jahre Garantie
- 👇 Übertaktung kaum spürbar

Preis: circa 1000 Euro

Ganz schön flott

In unseren Benchmarks, bei denen wir nicht nur Spiele, sondern auch Rendering-Programme und KI-Anwendungen wie Stable Diffusion ausprobiert haben, schlug sich die GeForce RTX 4070 Ti überraschend gut, der große L2-Cache wirkt offenbar. Gegen die teureren GeForce RTX 4080 und die Radeon RX 7900 XTX kommt sie in den meisten Fällen zwar nicht an, verweist aber sowohl die immer noch sehr teure GeForce RTX 3090 als auch die Radeon RX 7900 XT meist auf die Plätze. Dabei spielt es keine Rolle, welche der vier Karten hier als Maßstab angelegt wird oder ob Raytracing aktiv ist. Die Unterschiede zwischen den vier Testkandidaten beschränken sich meist auf 1

oder 2 Bilder pro Sekunde, um die etwa MSIs Suprim X vorn liegt.

Einzige Ausnahme ist das Formel-1-Rennspiel F1 22 ohne Raytracing: Sowohl RX 7900 XT als auch RTX 3090 liegen dort bei locker dreistelligen Bildraten vor der GeForce RTX 4070 Ti. Für High-Fps-Gamer, die gern ihren 240-Hertz-E-Sports-Monitor mit vertikaler Synchronisation befeuern wollen, könnte das einen Unterschied machen, für viele andere Spieler ist das Abschneiden in niedrigeren fps-Regionen wichtiger.

So zum Beispiel in Cyberpunk 2077 oder Control. Beide Titel fordern die Grafikkarte speziell mit Raytracing extrem und in 4K-Auflösung gerät auch die RTX 4070 Ti an ihre Grenzen. Die

durchschnittlich nur 22 Bilder pro Sekunde in Cyberpunk und die langsamsten Stellen bei weniger als 30 fps in Control sind zu knapp – und Shooter damit nur schwer beherrschbar. Das etwas gemächlichere Action-Adventure A Plague Tale: Requiem hingegen ist mit den 35 Durchschnitts-fps noch einigermaßen steuerbar.

Wer von seiner alten Grafikkarte aufrüsten möchte, der sollte in der Regel mindestens einen Leistungssprung von 30 bis 50 Prozent einplanen – darunter verliert sich der Zugewinn zusehends und man ärgert sich das Geld ausgegeben zu haben. Zum Vergleich haben wir einige Grafikkarten älteren Semesters mit in den Benchmarks aufgeführt, doch selbst mit

Vier Spielegrafikkarten mit GeForce RTX 4070 Ti: Spieleleistung

Grafikkarte	F1 22 (DX12) ¹ [fps]	F1 22 (DX12 + RT) ² [fps]	Shadow of the Tomb Raider (DX12) ³ [fps]	Shadow of the Tomb Raider (DX12 + RT) ⁴ [fps]	Metro Exodus Enhanced (DX12 + RT) ⁵ [fps]	A Plague Tale: Requiem (DX12) ⁶ [fps]	Control (DX12 + RT) ⁷ [fps]	Cyberpunk 2077 (DX12 + RT) ⁸ [fps]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Bildschirmauflösung WQHD (2560 × 1440)								
Asus TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti ⁹	169/242	73/83	131/198	97/133	55/101	55/68	56/66	41/46
Inno3D GeForce RTX 4070 Ti X3	168/240	73/82	138/199	97/133	57/100	55/67	57/66	39/45
MSI GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G ¹⁰	169/241	72/82	131/197	98/133	55/101	56/68	56/66	40/46
Zotac Gaming GeForce RTX 4070 Ti AMP AIRO	172/239	72/82	132/196	96/132	55/100	55/67	56/66	39/45
Radeon RX 7900 XTX	206/316	68/81	144/228	97/143	67/116	67/87	59/72	29/35
GeForce RTX 4080 FE	184/286	85/101	133/217	105/161	61/120	64/78	70/85	50/57
Radeon RX 7900 XT	198/281	60/71	116/184	82/119	58/90	52/65	49/61	26/31
Radeon RX 6950 XT	178/242	45/54	145/189	69/106	57/84	47/59	39/49	21/25
GeForce RTX 3090 FE	171/232	66/75	129/175	86/115	52/91	53/65	55/66	36/42
Radeon RX 6800 XT	160/217	38/45	121/156	57/87	50/72	39/49	33/41	18/20
GeForce RTX 2080 Ti FE	129/163	42/48	92/123	60/80	43/65	33/41	32/42	22/26
GeForce RTX 2070	92/110	25/28	63/83	37/51	28/42	23/28	21/26	13/16
Radeon RX Vega 64	55/64	-/-	53/68	-/-	-/-	17/22	-/-	-/-
Bildschirmauflösung Ultra HD (3840 × 2160)								
Asus TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti ⁹	110/136	36/41	88/105	55/70	43/60	29/35	28/32	20/22
Inno3D GeForce RTX 4070 Ti X3	108/132	35/40	87/105	54/69	43/60	29/35	28/32	19/22
MSI GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G ¹⁰	113/138	35/40	88/105	55/70	43/61	29/35	28/32	19/22
Zotac Gaming GeForce RTX 4070 Ti AMP AIRO	112/136	35/39	87/104	54/69	42/60	29/35	28/32	17/21
Radeon RX 7900 XTX	147/186	33/39	105/131	56/79	51/67	34/46	29/34	14/17
GeForce RTX 4080 FE	133/172	46/51	110/135	68/88	50/76	34/43	36/41	25/28
Radeon RX 7900 XT	129/160	29/34	85/106	48/67	39/53	27/35	24/29	13/15
Radeon RX 6950 XT	116/138	21/25	83/101	39/57	36/47	24/30	19/23	10/12
GeForce RTX 3090 FE	110/134	32/36	80/100	49/63	41/56	29/35	28/33	17/20
Radeon 6800 XT	106/127	18/21	67/82	32/47	31/40	19/24	15/19	8/10
GeForce RTX 2080 Ti FE	80/92	20/23	54/68	33/43	28/38	17/21	16/20	9/11
GeForce RTX 2070	54/59	12/13	35/44	17/25	18/25	12/14	10/13	10/12
Radeon RX Vega 64	36/41	-/-	29/35	-/-	-/-	9/12	-/-	-/-

Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Dunkler Balken: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert. Gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600; Windows 11 22H2, VSync aus, Treiber: Radeon 22.12.1, GeForce 528.02. RX 7900, 6800 XT, RX Vega 64: AMD Referenz; RTX 3090, 2080 Ti: Founders Edition; RTX 2070: Asus ROG Strix; RTX 4090: Zotac Trinity; RX 6950: Sapphire Nitro+

¹ Detailstufe „Ultra“, Raytracing aus, TAA+ FFX-Sharpener ² s. links + RT „hoch“ ³ „Ultrahoch“ ⁴ s. links + Raytracing-Schatten „Ultrahoch“ ⁵ „Ultra“, Raytracing „High“ ⁶ „Ultra“, RT aus ⁷ „High“, RT „High“ ⁸ „RT Ultra“, FSR/DLSS aus ⁹ Performance Bios ¹⁰ Gaming BIOS

einer gar nicht einmal so alten und vor allem nicht günstigen GeForce RTX 2080 Ti zeigt sich bereits ein heftiger Leistungsprung. Besitzer einer noch jüngeren GeForce RTX ab der GeForce 3070 oder einer Radeon RX 6800 sollten nicht nur aufgrund des hohen Preises genau überlegen, aufzurüsten oder ob es nicht auch mal eine Detailstufe niedriger tut.

In unserem Testparcours inklusive des Rendering-Programms Blender genügten die 12 GByte Grafikspeicher noch für alle Lebenslagen, wurden beim Berechnen von Full-HD-Bildern mit dem KI-Modell Stable Diffusion aber bereits knapp. Wer bei KI-Berechnungen höher hinaus möchte, sollte vorher genau prüfen,

wie viel Speicher sinnvoll für seine jeweilige Anwendung ist, denn die Speichernutzung variiert stark von Fall zu Fall.

Fazit

Ganz schön teuer sind sie ja, die GeForce RTX 4070 Ti. Aber wer eine neue Grafikkarte braucht und auch in WQHD- oder gar UHD-Auflösung nicht auf die maximale Detailstufe inklusive Raytracing nicht verzichten mag, findet auch bei der Konkurrenz etwa in Form von AMDs Radeon RX 7900 XT oder in Vorgängergenerationen höchstens gleich teure Alternativen.

Die Wahl zwischen den vier Testkandidaten fällt – abseits vom Geldbeutel – auch nicht unbedingt leicht. Die Inno-3D-

Karte kommt mit kompaktem, aber nicht gerade leisem Kühler und ohne Schnickschnack, bei Asus' TUF gibt es vor allem ein schön leises Sekundär-BIOS und Zotac vertraut neben leichtem OC auf auffällige Optik. Den Vogel aber schießt MSI ab, und das in jeder Hinsicht: enorme Größe, hoher Preis, aber auch eine geringe Lautheit (mit Silent-BIOS) und eine hübsche Optik. (csp@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Carsten Spille, Spiels noch schneller, SAM!, Gratis mehr Spieleleistung mit schlaudem Speicherzugriff, c't 7/2021, S. 126
- [2] Christian Hirsch, Verschmorte Stromstecker bei GeForce-Grafikkarten, c't 26/2022, S. 44

Spielegrafikkarten mit GeForce RTX 4070 Ti – Leistungsaufnahme und Lautheit

Grafikkarte	Lautheit		Leistungsaufnahme		
	Leerlauf [sone ¹]	3D-Vollast [sone ²]	Leerlauf [Watt ³]	3D-Dauervollast [Watt]	Spitzenwerte [Watt ⁴]
	← besser	← besser	← besser	← besser	← besser
Asus TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti (Performance-BIOS)	! <0,1	1,1	12/20	288	353
Asus TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti (Quiet-BIOS)	! <0,1	0,7	12/20	288	353
Inno3D GeForce RTX 4070 Ti X3	! <0,1	1,6	10/18	264	344
MSI GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G (Gaming-BIOS)	! <0,1	2,3	21/27	296	355
MSI GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G (Silent-BIOS)	! <0,1	0,7	21/27	295	351
Zotac Gaming GeForce RTX 4070 Ti AMP AIRO	! <0,1	1,4	18/25	269	344
gemessen unter Windows 11 22H2, VSync aus, rBAR an					
¹ Alle Karten halten im Leerlauf ihre Lüfter an und bleiben daher unter unserer Messgrenze von 0,1 sone			² gemessen im geschlossenen Gehäuse nach Aufwärmphase		³ mit 1 UHD-Monitor / 4 Monitoren ⁴ Spitzenausschläge im Millisekundenbereich

Spielegrafikkarten mit Nvidia GeForce RTX 4070 Ti

Hersteller, URL	Asus, asus.com/de	Inno 3D, inno3d.com	MSI, de.msi.com	Zotac, zotac.com/de
Modell (Modellnummer)	TUF Gaming GeForce RTX 4070 Ti (90YV0UJ1-MONA00)	GeForce RTX 4070 Ti X3 (N40773-126X-186148N)	GeForce RTX 4070 Ti Suprim X 12G (V513-005RV513-005R)	Gaming GeForce RTX 4070 Ti AMP AIRO (ZT-D40710F-10P)
GPU / Fertigung / Transistoren	AD104 / TSMC N4 / 35,8 Mrd.	AD104 / TSMC N4 / 35,8 Mrd.	AD104 / TSMC N4 / 35,8 Mrd.	AD104 / TSMC N4 / 35,8 Mrd.
BIOS-Version ⁵ / UEFI-tauglich	95.04.31.00.7E (7D) / ✓	95.04.31.40.05 / ✓	95.04.31.00.FF (95.04.31.40.01) / ✓	95.04.31.40.45 / ✓
Shader / TMU / ROP / RT / Tensor	7680 / 240 / 80 / ✓ / ✓	7680 / 240 / 80 / ✓ / ✓	7680 / 240 / 80 / ✓ / ✓	7680 / 240 / 80 / ✓ / ✓
GPU-Takt: Basis / Boost (typ.) / Boost (max.) ¹	2310 / 2730 / 2880 MHz	2310 / 2610 / 2865 MHz	2310 / 2775 / 2880 MHz	2310 / 2670 / 2835 MHz
Rechenleistung ² FP32 / FP16 / FP64	41,9 / 83,8 / 0,66 TFlops	40,0 / 80,2 / 0,63 TFlops	42,6 / 85,2 / 0,67 TFlops	41,0 / 82,0 / 0,64 TFlops
Speichermenge / -typ (-durchsatz)	12 GByte GDDR6X (504 GByte/s)	12 GByte GDDR6X (504 GByte/s)	12 GByte GDDR6X (504 GByte/s)	12 GByte GDDR6X (504 GByte/s)
TDP ³ / Stromversorgung	285 W / 1 × 16-Pin (ATX 12VHPWR)	285 W / 1 × 16-Pin (ATX 12VHPWR)	285 W / 1 × 16-Pin (ATX 12VHPWR)	285 W / 1 × 16-Pin (ATX 12VHPWR)
Abmessungen (L × H × T) / Gewicht	303 mm × 141 mm × 64 mm / 1344 g	299 mm × 116 mm × 43 mm / 1196 g	331 mm × 139 mm × 72 mm / 2022 g	310 mm × 124 mm × 59 mm / 1140 g
Ausstattung				
Displayausgänge	3 × DP 1.4a, 2 × HDMI 2.1a	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1a	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1a	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1a
Lüfter / Stillstand im Leerlauf	3 × 88 mm / ✓	3 × 87 mm / ✓	3 × 95 mm / ✓	3 × 90 mm / ✓
Besonderheiten	Backplate (Metall), Dual-BIOS, 12VHPWR-Adapter auf 2 × 8-Pin, GPU-Stütze mit magn. Halterung	Backplate (Metall), 12VHPWR-Adapter auf 2 × 8-Pin	Backplate (Metall), Dual-BIOS, 12VHPWR-Adapter auf 3 × 8-Pin, GPU-Stütze mit magn. Halterung	Backplate (Metall), 12VHPWR-Adapter auf 3 × 8-Pin, GPU-Stütze mit magn. Halterung
Technische Prüfungen				
3DMark Firestrike Extreme / Time Spy / Port Royal	26028 / 20859 / 14210 Punkte	25870 / 20787 / 14099 Punkte	25989 / 20828 / 14173 Punkte	25524 / 20648 / 14054 Punkte
Blender 3.4.1 „Classroom“-Szene	18,2 / 10,4 Sekunden (CUDA / Optix)	18,5 / 10,7 Sekunden (CUDA / Optix)	18,3 / 10,4 Sekunden (CUDA / Optix)	18,4 / 10,5 Sekunden (CUDA / Optix)
Leistungsaufnahme ⁶ 2D / 3D / Peak	12 (20) / 288 / 353 Watt	10 (18) / 264 / 344 Watt	21 (27) / 296 / 355 Watt	18 (25) / 269 / 344 Watt
Lautheit 2D / 3D ⁵	<0,1 / 1,1 (0,7) sone	<0,1 / 1,6 sone	<0,1 / 2,3 (0,7) sone	<0,1 / 1,4 sone
Bewertungen				
3D-Leistung FHD / WQHD / UHQ (mit RT) ⁷	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ⊕ (⊕)	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ⊕ (⊕)	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ⊕ (⊕)	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ⊕ (⊕)
Geräuschentwicklung Leerlauf / Last ⁵	⊕⊕ / ○ (⊕)	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕ (⊕)	⊕⊕ / ○
Straßenpreis / Garantie	900 € / 2 Jahre ⁸	900 € / 3 Jahre	1260 € / 3 Jahre ⁸	1000 € / 3 Jahre ⁸
¹ Nvidia gibt keinen Gamingtakt an, die Boost Taktraten die Herstellerangaben, Wert mit sekundärem BIOS in Klammern ² mit typ. Boost-Takt ³ Herstellerangabe ⁴ Lüfter stehen im Leerlauf still ⁵ mit primärem (sekundärem) BIOS ⁶ ruhender Windows-Desktop mit einem UHD-Monitor (mit vier Mon.) / Mittelwert im 3DMark 11 GT1 / kurzzeitig auftretende Spitzenwerte ⁷ bezogen auf die gewählten Einstellungen ⁸ Abwicklung nur über Händler ⁹ nicht übertragbar, kostenpflichtig auf 5 Jahre verlängerbar ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden k.A. keine Angabe				



Operation am offenen Herzen

Luxus-Smartphones Samsung Galaxy S23, S23+ und S23 Ultra im Vergleichstest

Sanfter Facelift mit Herztransplantation: Äußerlich hat Samsung beim Galaxy S23 wenig verändert. Die wichtigste Neuerung versteckt sich innen, und der Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 macht in der alten Hülle richtig Dampf.

Von Steffen Herget

Das ist Balsam auf die Fan-Seele: Samsung steckt in seine neue S-Klasse auch in Europa keine selbst entwickelten Exynos-Prozessoren mehr, die viele Anhänger der Marke lange als minderwertig kritisiert hatten. Nun gibt ein Snapdragon von Qualcomm den Takt vor. Wir haben die drei neuen Varianten Galaxy S23, S23+ und S23 Ultra, die zwischen 950 und 1820 Euro kosten, zum Stelldichein gebeten.

Legt man das Galaxy S23 Ultra neben das Vorjahresmodell S22 Ultra, muss man schon mit der Lupe ran, um Unterschiede zu finden. Ja, die Radien der Kanten mögen sich minimal verändert haben, der Stift namens S Pen ist nun immer schwarz und nicht mehr in der Gerätefarbe lackiert, aber dennoch: Das sind Zwillinge. Anders sieht es bei den S23 und S23+ aus: Bei diesen hat Samsung die Optik nun an das Ultra angeglichen, das war im vergangenen Jahr vor allem bei der Gestaltung des Kameramoduls noch anders. Alle drei tragen ein schlichtes Kleid aus Glas und Metall in gedeckten Farben, das die einen elegant und die anderen langweilig finden. Die Verarbeitung ist tadellos, wie man es bei Preisen von knapp 1000 bis 1800 Euro erwarten darf.

Erstmals seit Jahren fährt Samsung keine Doppelstrategie beim Prozessor mehr, sondern wirft konsequent den selbst entwickelten Exynos-Chip raus und macht einem Qualcomm-System-on-Chip (SoC) Platz. Den eigens für Samsung etwas höher getakteten (maximal 3,36 statt 3,2 GHz) Snapdragon 8 Gen 2 mit dem Zusatz „for Galaxy“ stellt TSMC im 4-Nanometer-Verfahren her. Dieser erreichte Bestwerte in den Leistungsmessungen und hat eine sehr gute Alltagsperformance. Die Galaxy zeigen ungewohnte Dauerlastqualitäten und drosseln die Leistung bei längerer Belastung weniger als ihre Vorgänger und als viele Smartphones mit dem Snapdragon

Gen 1. Selbst das kleine Galaxy S23 hat trotz der kleineren Gehäuseoberfläche leichtes Spiel dabei, die Abwärme des Prozessors abzuführen.

Betrachtet man die Benchmarkergebnisse der neuen Galaxys, wird klar: Das ist das Schnellste, was es mit Android derzeit zu kaufen gibt. Die Chipbestückung im S23 Ultra zeigt selbst dem iPhone 14 Pro Max mit seinem A16 Bionic ab und an die Rücklichter.

Power auf der Langstrecke

Die viele Power geht nicht zulasten der Akkulaufzeit, im Gegenteil. Vor allem die beiden größeren Modelle S23+ und Ultra folgen dem alten VW-Käfer-Motto: Läuft und läuft und läuft. Das kleine S23 muss früher Strom nachladen, wenig verwunderlich. Einen Tag ohne Aufladen haben wir aber auch damit stets geschafft. Besonders schnelles Aufladen steht bei Samsung weiterhin nicht weit oben auf der Agenda, so bringt das 50 Euro teure Netzteil mit 45 Watt die beiden großen S23-Varianten in rund einer Stunde von Null auf Hundert, andere schaffen das deutlich flotter. Das kompakte S23 braucht trotz schwächerem Akku länger, weil es nur maximal 25 Watt Ladeleistung unterstützt.

Merkliche Unterschiede zwischen Ultra und Nicht-Ultra weist die S23-Familie bei den hinteren Kameras auf. Ultra weitwinkel und Dreifachtele haben alle, das Ultra legt aber noch ein zweites Teleobjektiv mit zehnfacher Vergrößerung drauf – und die Hauptkamera packt stolze 200 Megapixel auf die digitale Leinwand. Bei S23 und S23+ sind es nur 50 Megapixel. In der Standardeinstellung spucken die Smartphones Fotos mit 12 Megapixeln aus; wer die volle Auflösung möchte, muss umschalten. Das S23 Ultra fasst dafür die Informationen von 16 Bildpunkten zu einem Superpixel zusammen. Videos filmen die drei Smartphones mit bis zu 8K-Auflösung.

Die Fotos, die alle drei Samsungs liefern, überzeugen: Samsung mischt die

Im Dunkeln macht das Galaxy S23 deutlich bessere Fotos als sein Vorgänger. Den 200-Megapixel-Sensor des Ultra hat Samsung jedoch noch nicht ganz im Griff.



Farben etwas natürlicher und nicht mehr ganz so bonbonhaft wie ihre Vorgänger ab, die Funktion für einen weiteren Dynamikbereich für Helligkeit und Kontrast (HDR) arbeitet in aller Regel sehr unauffällig, helle Bereiche überstrahlen nicht und dunkle saufen nicht ab. Das Spiel mit den vielen Brennweiten macht vor allem beim Ultra Spaß, auch wenn der Zoom bis zum Faktor 100 kaum mehr als eine Spielerei ist – wirklich ansehnliche Bilder bekommt man damit nicht mehr, auch wenn es beeindruckt, was man darauf trotz großer Entfernung noch erkennen kann.

Treppen, Rauschen und Farbunterschiede

Probleme tauchen auf, wenn man stark in die Bilder hereinzoomt und sich die Feinheiten anschaut. Im 200-Megapixel-Modus produziert die Kamera merkliches Bildrauschen schon bei gutem Licht und zaubert in feine Strukturen und Muster immer wieder farbige Bereiche hinein, die es im Motiv eigentlich nicht gibt. Auch treppenförmige Verzerrungen an Kanten von Objekten haben wir beobachtet. Das spricht nicht dafür, dass die Kamerasoftware und der Bildsignalprozessor die Pixelflut im Griff haben. Über Updates sollten noch Ver-

besserungen drin sein. Die einzelnen Objekte sind darüber hinaus nicht immer konsistent mit der Farbwiedergabe, das schafft vor allem das iPhone besser.

Schon bei leicht geringerem Tageslicht hat die Kamera im 200-Megapixel-Modus Probleme, mit den winzigen Pixeln genügend Licht einzufangen. Schaltet man herunter auf 50 oder 12 Megapixel, werden die Ergebnisse besser. 50 Megapixel erwiesen sich im Test in den meisten Situationen als sinnvoller Kompromiss, auch weil sie weniger Speicher brauchen: Fotos in voller Auflösung sind gerne einmal 30 oder 40 MByte groß, das läppert sich mit der Zeit.

Nachtfotos hat Samsung im Vergleich mit dem Vorgänger verbessert. Die Bilder hellen nicht mehr unnatürlich stark auf und fangen mehr Feinheiten ein. Unterschiede in der Beleuchtung bügelt Samsung glatter weg als die Konkurrenz. Der neue Astromodus für den Sternenhimmel überzeugt nicht: Samsung stapelt hierbei offenbar nicht mehrere Aufnahmen übereinander, sondern macht eine lange Belichtung über mehrere Minuten, und wegen der Erdrotation verwischen die Sterne. Lob verdient der neue Videostabilisator, der selbst in Bewegung für sehr ruhige Bilder sorgt. Laut Samsung gleicht

Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 offscreen [fps]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) ¹ [h]	Video 720p (normale Helligkeit) ¹ [h]	Video 4k/120 fps (normale Helligkeit) ¹ [h]	3D-Spiel (normale Helligkeit) ¹ [h]	Laden 50 % / 100 % [min]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Apple iPhone 14 Pro Max	1881	5376	238	20,4	26,8	12,5	10,6	37/110
Google Pixel 7 Pro	1053	3162	149	14,7	18	6,2	8,9	39/115
Samsung Galaxy S23	1555	4919	261	20,2	19,4	11	15	27/79
Samsung Galaxy S23+	1538	4879	255	23,3	23	12,5	17,3	17/52
Samsung Galaxy S23 Ultra	1570	4919	275	24,5	22	11,4	14,3	19/65

¹ gemessen bei 200 cd/m² und maximaler Auflösung



Samsung Galaxy S23

Klein und fein: Das Samsung Galaxy S23 zählt mit einer Displaydiagonale von 6,1 Zoll zwar noch nicht zu den Mini-Smartphones, gehört aber zur Kompaktklasse. Das Gewicht von 168 Gramm verteilt sich gleichmäßig, das S23 liegt so angenehm in der Hand wie es in der Tasche steckt. Dass kompakt auch edel wirken kann, beweist Samsung mit der perfekten Verarbeitung und den schicken Materialien.

Wer schlank und leicht sein will, muss jedoch Opfer bringen. Beim Samsung Galaxy S23 betrifft das den Akku, der mit 3900 mAh mit Abstand der schwächste des Trios ist. Über den Tag kamen wir mit dem Smartphone trotzdem ohne Nachladen. 128 GByte als Einstiegsgröße sind knapp bemessen, wenn das System schon über 30 GByte Platz braucht. Wir empfehlen daher den Griff zum Modell mit doppeltem Speicher, der Aufpreis von 60 Euro macht den Preis auch nicht mehr fett. Wer darauf verzichten kann, sollte zudem unter Samsungs eigenen Apps ausmisten, für die meisten davon sind Googles Pflicht-Anwendungen vorhanden.

Die Kameraausstattung ist mit der des S23+ identisch, dem kleinen Galaxy fehlt demnach ebenfalls das Zehnfachtele. Der Snapdragon 8 Gen 2 macht auf klein wie groß mächtig Dampf, und das S23 wird bei langen Gaming-Sessions kaum wärmer als die großen Brüder.

- ↑ handlich und leicht
- ↑ starker Prozessor
- ↓ viel Speicher vorbelegt

Preis: 950 Euro bis 1010 Euro



Samsung Galaxy S23+

Das mittlere Kind der Familie kommt Aufmerksamkeit bekanntlich manchmal etwas zu kurz, in diesem Fall zu Unrecht: Das Galaxy S23+ hat Qualitäten, die es für viele Samsung-Fans zur ersten Wahl machen können. Dazu zählt vor allem die Akkulaufzeit von beispielsweise über 17 Stunden 4K-Video playback mit 120 fps, bei der das S23+ mit dem Ultra auf Augenhöhe ist und es trotz nominell geringerer Kapazität teils übertrifft. Samsungs hartleibige Weigerung, der S-Klasse eine Möglichkeit zur Speichererweiterung zu gewähren, ist einigermassen zu verschmerzen, da das Plus-Modell mindestens 256 GByte Platz bietet. Wer auf Nummer sicher gehen möchte, legt 120 Euro drauf und wählt die 512-GByte-Variante.

Bei der Diagonale von 6,6 Zoll wäre in der Luxusliga, in der sich das Galaxy S23+ nicht zuletzt des Preises wegen einsortiert, eine höhere Auflösung schön gewesen, zumindest fürs Prestige. Das OLED-Display lässt jedoch trotz der geringsten Pixeldichte des Trios kaum etwas zu wünschen übrig, Helligkeit, Kontrast und Farbdarstellung sind vorbildlich. Wer auf den S Pen und die zweite Telekamera des Ultra verzichten kann, aber ebenfalls viel Speicher und lange Akkulaufzeiten sucht, liegt mit dem Galaxy S23+ richtig. Über garantierte fünf Jahre Updateversorgung darf man sich beim S23+ genauso beruhigt sein wie bei den Geschwistermodellen.

- ↑ lange Akkulaufzeit
- ↑ viel Speicherplatz
- ⚡ keine QHD+-Auflösung

Preis: 1200 Euro bis 1320 Euro



Samsung Galaxy S23 Ultra

Dem Ultra schaufelt Samsung von allem eine Schippe mehr drauf: Schnellerer Speicher, mehr RAM, größerer Akku, höhere Auflösung bei Display und Kamera und nicht zuletzt der S Pen zeichnen das Topmodell der Koreaner aus. Der Erbe des Galaxy Note bringt zwar keine neuen Stiftfunktionen mit, ist damit aber trotzdem eine Ausnahme im Smartphone-Einerlei. Schade, dass Samsung den S Pen nicht mehr in der Farbe des Smartphones gestaltet, der Stift ist nur noch in Schwarz zu haben. 12 statt 8 GByte Arbeitsspeicher wie bei den Geschwistern sind für das teure Spitzenmodell standesgemäß.

Die Hauptkamera mit 200-Megapixel-Sensor ist mehr als reines Zahlenspiel, die Bilder zeigen viele Details, offenbaren aber auch Spuren aggressiver Nachbearbeitung. Mit gleich zwei Teleobjektiven knipst das Ultra in gleich vier unterschiedlichen Brennweiten, das macht das Smartphone besonders flexibel. Die Bildstabilisierung und den Nachtmodus hat Samsung verbessert. Das Display des S23 Ultra ist schicker als das des Vorgängers, die Farben strahlend und die Helligkeit herausragend. Der 5000-mAh-Akku trägt zwar auf und macht das Smartphone ziemlich schwer, sorgt aber auch für lange Laufzeiten. Das passende Ladegerät vorausgesetzt, ist das S23 Ultra in rund einer Stunde komplett geladen.

- ↑ sehr gutes Display
- ↑ Stiftbedienung möglich
- ↑ vielseitige Kamera

Preis: 1400 Euro bis 1820 Euro

die Kamera nun Wackler um bis zu drei Grad aus, zuvor war es nur die Hälfte.

Einen detaillierten Kameravergleich zwischen dem Samsung Galaxy S23 Ultra, Apples iPhone 14 Pro Max und dem Google Pixel 7 Pro finden Sie auf heise+ct.de/yf44.

Guckolores

Samsungs OLED-Bildschirme zeigen tolle Farben, beeindruckende Kontraste und sind im Vergleich mit dem Vorjahr noch ein wenig besser bei der Blickwinkelstabilität geworden. Die Helligkeitsregelung arbeitet zügig und passt die Darstellung dem Umgebungslicht stets perfekt an. Die maximalen Helligkeitswerte erreichen die Displays nur mit der Automatik in besonders heller Umgebung. Die von Samsung als Höchstwert ausgegebenen, extrem hohen 1750 cd/m² haben wir im Test zwar nicht erreicht, die in unserem Labor gemessenen Werte liegen rund 400 cd/m² darunter. Das ist aber immer noch weit mehr, als die meisten anderen Smartphones erreichen.

Die Bedienoberfläche OneUI erweitert das herkömmliche Android um Zusatzfunktionen, die mal mehr, mal weniger nützlich sind. An Sicherheitsfeatures wie Samsung Knox und gesicherte Ordner haben sich viele Galaxy-Fans gewöhnt, ebenso an die einfache Vernetzung mehrerer (idealerweise Samsung-) Geräte. Samsung Dex macht das Smartphone mit externer Tastatur, Maus und Monitor zum provisorischen Ersatz-PC für Notfälle. Wie Apples Automationen kann man Routinen für bestimmte Szenarien definieren. Dann schaltet das S23 beispielsweise alle Töne und Benachrichtigungen automatisch aus, wenn es sich in der Schule befindet.

Samsung lockert die Fesseln

Die vielen Zusatzfunktionen und Samsung-Apps haben ihre Nachteile: Sie fressen Speicherplatz. Zwischen 30 und 40 GByte nimmt das System auf den neuen Galaxy-Smartphones ein, und der Speicher ist nicht mittels microSD-Karte erweiterbar. Das trifft vor allem das kleinste Modell, das Samsung in der Einstiegsvariante nur mit 128 GByte ausstattet. Von denen sind nach der Ersteinrichtung nur noch rund 95 GByte frei.

Immerhin zeigt sich Samsung lernfähig, was die eigenen Apps betrifft. Die meisten davon lassen sich nämlich mittlerweile ganz ohne Hacks und Frickeleien deinstallieren. Insgesamt 22 Anwendungen,

darunter so zentrale wie Samsungs Browser, Health-App, Sprachassistent Bixby oder der Galaxy App-Store, verschwinden auf Wunsch mit einem Fingertipp. Würde Google das auch so halten, hätte man die Wahl zwischen der Samsung- oder Google-App etwa für den Kalender. So heißt die Auswahl: Google oder beides. Neben den Samsung-Anwendungen lassen sich auch die Microsoft-Apps Office und Outlook sowie LinkedIn löschen, Spotify und Netflix ebenso. OneDrive wiederum kann man nur deaktivieren.

Fazit

Gibt man bis zu 1800 Euro für ein Smartphone aus, darf man die beste Technik erwarten. Im Falle des Prozessors und des Bildschirms trifft das bei allen S23-Modellen zu, da gibt es kaum ein höheres Regal,

in das man greifen könnte. Das Galaxy S23 Ultra setzt mit seiner 200-Megapixel-Kamera noch eine weitere Bestmarke, zumindest auf dem Papier, denn die Kamera-Software zeigte im Test noch Raum für Verbesserungen. Die beiden großen S23-Varianten überzeugen mit kräftigen Akkus, das kleine mit Handlichkeit und federleichtem Gewicht. Lange Updateversorgung garantiert Samsung für alle drei.

Die Hardware des Ultra ist nicht nur wegen des S Pen noch ein klein wenig besser als bei den Geschwistern, dafür ist es auch am größten und schwersten. Mag man es klein und leicht, greift man zum S23 und kommt damit immerhin kaum über die Tausend-Euro-Grenze. Das S23+ ist die goldene Mitte. (sht@ct.de) **ct**

Kameravergleich bei heise+ct.de/yf44

Galaxy-S23-Smartphones

Modell	Samsung Galaxy S23	Samsung Galaxy S23+	Samsung Galaxy S23 Ultra
Betriebssystem / Patchlevel	Android 13 / Januar 2023	Android 13 / Januar 2023	Android 13 / Januar 2023
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 17 / Februar 2028	Android 17 / Februar 2028	Android 17 / Februar 2028
Ausstattung			
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 / 1 × 3,4 GHz, 4 × 2,8 GHz, 3 × 2 GHz / Adreno 740	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 / 1 × 3,4 GHz, 4 × 2,8 GHz, 3 × 2 GHz / Adreno 740	Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 / 1 × 3,4 GHz, 4 × 2,8 GHz, 3 × 2 GHz / Adreno 740
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / 128 GByte (95 GByte) / –	8 GByte / 256 GByte (215 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (212 GByte) / –
5G: DSS / Band 1/28/77/78/260/261	✓/✓/✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/✓/✓/–/–
SIMs / SAR-Wert	2 × Nano-SIM + eSIM / 0,963 W/kg	2 × Nano-SIM + eSIM / 0,766 W/kg	2 × Nano-SIM + eSIM / 0,963 W/kg
WLAN (Antennen) ¹ / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 6E (2) / 5.3 / ✓/✓/✓/ GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5.3 / ✓/✓/✓/ GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5.3 / ✓/✓/✓/ GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor	USB-C 3.2, OTG, DP / – / im Display	USB-C 3.2, OTG, DP / – / im Display	USB-C 3.2, OTG, DP / – / im Display
Akku / drahtlos ladbar	3900 mAh / ✓	4700 mAh / ✓	5000 mAh / ✓
Abmessungen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	14,6 cm × 7,1 cm × 0,76 – 0,9 cm / 168 g / ✓ (IP68)	15,8 cm × 7,6 cm × 0,76 – 0,9 cm / 195 g / ✓ (IP68)	16,3 cm × 7,8 cm × 0,9 – 1,1 cm / 233 g / ✓ (IP68)
Kameras			
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,8 / ✓	50 MP / f/1,8 / ✓	200 MP / f/1,7 / ✓
Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Zoom	10 MP / f/2,4 / ✓ / 3-fach	10 MP / f/2,4 / ✓ / 3-fach	10 MP / f/2,4 / ✓ / 3-fach
zweite Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Zoom	–	–	10 MP / f/4,9 / ✓ / 10-fach
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –
Display-Messungen			
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,1 Zoll / OLED / 2340 × 1080 Pixel / 425 dpi	6,6 Zoll / OLED / 2340 × 1080 Pixel / 393 dpi	6,8 Zoll / OLED / 3088 × 1440 Pixel / 500 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	0,95 ... 1327 cd/m² / 98 % / 120 Hz	0,91 ... 1322 cd/m² / 97,5 % / 120 Hz	0,82 ... 1333 cd/m² / 95,6 % / 120 Hz
Bewertungen			
Performance / Akku	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Display / Kamera	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕
Software ¹ / Ausstattung	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕
Preis	985 € (128 GByte), 1010 € (256 GByte)	1200 € (256 GByte), 1320 € (512 GByte)	1400 € (256 GByte), 1580 € (512 GByte), 1820 € (1 TByte)
¹ bewertet werden Updates, Features, Bloatware etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊕⊕ sehr schlecht			



Immer in Hörweite

Vier Mini-Audiofunktastrecken mit Aufnahmefunktion

Ein Video kann noch so sehr durch schöne Bilder glänzen: Versteht man die Leute vor der Kamera nicht richtig, ist die Aufnahme für die Tonne. Vor solchen Pleiten sollen Funkmikrofone schützen. Doch was taugen günstige Sets zu Preisen zwischen 175 und 330 Euro?

Von Nico Jurrán

Für ansprechende Videoaufnahmen braucht man nicht mehr zwangsläufig eine teure Kamera: Moderne Kompaktmodelle und Smartphones fertigen Clips bis in 4K-Auflösung an, mit Bildstabilisierung und auf Wunsch sogar in HDR. Immer häufiger entstehen Videos für Social-Media-Plattformen und Reportagen daher mit solchen Geräten.

Verlässt man sich jedoch auf das in der Kamera beziehungsweise Handy eingebaute Mikrofon, macht sich schnell Ernüchterung breit, wenn man sich das Ergebnis anschaut beziehungsweise anhört: Der Ton klingt oftmals dumpf, flau oder übersteuert – und bei lauter Umgebung oder wenn die Protagonisten weiter von der Kamera entfernt stehen, versteht man manchmal überhaupt nichts mehr.

Geht man dieses Problem mit Richt- oder Handmikrofonen an, erkaufte man

den besseren Ton mit einer geringeren Flexibilität: Mal muss der Mensch vor der Kamera an einer bestimmten Stelle verharren, mal hat er nicht mehr beide Hände frei. Beim Fernsehen kommen daher schon lange sogenannte Funkstrecken zum Einsatz, die den Ton drahtlos zur Kamera oder zum Mischpult übertragen. Die Profis nutzen üblicherweise zigaretten-schachtelgroße Sender in Verbindung mit einem kleinen Ansteckmikrofon (Lavalier-Mikrofon oder kurz Lavalier), das sich unauffällig platzieren lässt und möglichst unempfindlich gegen Körperschall (Geräusche durch Berührung) ist. Eine solche professionelle Funkstrecke kostet jedoch oft weit über 1000 Euro.

Insofern gelang Røde 2019 mit seinem „Wireless Go“-Set für rund 220 Euro eine kleine Sensation: Dessen Sendemodul war kaum größer als eine Streich-

holzschachtel, funkte im freien 2,4-GHz-Band stundenlang und ließ sich dank integriertem Mikrofon (mit optionalem Windschutz) ans Hemd klemmen. Daneben gab es einen Klinkeneingang für ein Lavalier. Den ebenso kleinen Empfänger mit analogem Klinkenausgang montierte man dank Blitzschuh-kompatibler Klemme einfach an die Kamera. Beim „Wireless Go II“ blieb Røde dem Konzept treu, der Empfänger kommuniziert nun aber mit bis zu zwei Sendemodulen parallel – praktisch, wenn sich bei Interviews mehrere Personen vor der Kamera versammeln.

Rødes Erfolg blieb der Konkurrenz nicht verborgen – weshalb man heute am Markt eine ganze Reihe von Mini-Funkstrecken findet, bei denen das Wireless Go und Wireless Go II offenbar als Blaupause dienten.

Auf Kandidatensuche

Für unseren Vergleichstest wählten wir Sets aus, die zum einen besagten Dualbetrieb mit zwei Sendern ermöglichen und zum anderen eine Aufnahmefunktion bieten, wie sie Røde mit einem Firmware-Update beim Go II nachreichte. Dabei übertragen die Sender die Audiosignale nicht nur an den Empfänger, sondern zeichnen sie parallel selbst auf. So lässt sich das Set mit beliebigen Kameras oder Smartphones kombinieren, auch wenn



Mehrere Drittfirmen bieten Ladeschalen mit integriertem Akku für das Røde Wireless Go II an. Aufgeladen werden die Module dann über ihre USB-C-Anschlüsse. Bei 7Ryms und DJI haben sie hingegen separate magnetische Ladeanschlüsse für die mitgelieferten Cases.



An alle getesteten Sender lassen sich Lavalier-Mikrofone anstecken. 7Ryms und Comica (hier im Bild) liefern sogar gleich jeweils zwei Ansteckmikrofone mit, die einfachen Ansprüchen genügen.

diese keinen Klinkeneingang besitzen und man keinen passenden Adapter zur Hand hat. Weiterhin können diese Sender als autarke Mini-Recorder dienen; der Empfänger bleibt dann zu Hause.

Vor allem aber hat man damit ein Backup für den Fall, dass es bei der Funkübertragung zu Störungen kommt, etwa zu Dropouts durch Verbindungsabbrüche oder zu Geräuschen durch Einstrahlungen. Diese Faktoren sollte man nicht unterschätzen – vor allem, wenn man auf Messen und Großveranstaltungen dreht: Die angesprochene Funkfrequenz von 2,4 GHz nutzen schließlich auch WLAN, Bluetooth und Zigbee.

Nach unserer Vorgabe sollte der Empfänger wie beim Wireless Go II als USB-Audiointerface direkt am Rechner laufen. So gelangen die Aufnahmen ohne Umwege auf den Rechner und man muss sie nicht umständlich über eine separate Soundkarte beziehungsweise einen Rekorder überspielen.

Am Ende stießen mit 7Ryms iRay DW30, Comica BoomX-D2 Pro und DJI Mic drei Herausforderer des Wireless Go II zum Testfeld. Preislich liegt das DJI Mic mit 329 Euro etwas über dem Wireless Go II, das laut Liste zwar 379 Euro kostet, aber für 289 Euro zu bekommen ist. Das Comica-Set ist für rund 245 Euro zu haben, das 7Ryms (Listenpreis 210 Euro) wird sogar für 175 Euro angeboten.

Evolution

Schnell zeigte sich, dass die Konkurrenzprodukte keine 1:1-Kopien des Wireless Go II sind, sondern teils mehr oder andere Funktionen bieten. Das beginnt damit, dass

alle anderen einen Kopfhörerausgang bereitstellen, um die empfangenen Audioströme zur Kontrolle gleich mitzuhören. Das Go II bietet diese wichtige Funktion nicht.

Røde stattet zudem nur den Empfänger mit einem Display aus, 7Ryms und Comica spendieren hingegen auch den Sendern Bildschirme – das erleichtert die Bedienung. Bei DJI hat zwar auch nur der Empfänger ein Display, dafür aber ein helles Touch-OLED. Zudem dampfte DJI seine Sender auf rund zwei Drittel der üblichen Größe ein. Damit fallen sie am Hemd des Protagonisten nicht so stark auf.

Wer eine richtig diskrete Lösung sucht, greift aber eh zu einem Lavalier und befestigt den Sender am Gürtel. Das empfiehlt sich auch, um das Mikrofon (eventuell über einen Headset-Bügel) näher ans Gesicht des Sprechers zu bringen, wenn das im Sender integrierte omnidirektionale Mikrofon zu viel Hall oder Nebengeräusche einfängt.

Alles in eine Schale werfen

Da die Module aller getesteten Sets fest eingebaute Akkus nutzen, lassen sich beim Dreh nicht mal eben die Batterien wechseln. Umso wichtiger ist die Laufzeit mit einer Ladung. Bei unseren Messungen bildeten 7Ryms und Comica das Schlusslicht. Deren Sender hielten aber immerhin gut vier Stunden durch – sofern man nicht die Aufzeichnungsfunktion aktiviert. Dann verkürzt sich die Laufzeit auf etwas über 3,5 Stunden. Ihre Empfänger erreichten sogar jeweils die Sechs-Stunden-Marke. DJI kam bei den Sendern mit Aufnahme auf 4:45 Stunden, als reine Funker sogar auf etwas mehr als die angegebenen



Empfänger (und Sender) haben auf der Rückseite Klammern, die in einen Blitzschuh passen, und lassen sich so einfach auf Kameras montieren.

5:30 Stunden. Spitzenreiter ist Røde – auch wenn die angegebenen sieben Stunden nicht erreicht werden. Sowohl der Empfänger als auch die Sender schafften gut sechs Stunden, wobei die Aktivierung der Aufnahmefunktion nur vergleichsweise wenig Einfluss auf die Laufzeit hatte. Einen Kniff gibt es, um alle Module länger laufen zu lassen: Im Betrieb lassen sie sich auch über ihre USB-C-Ports mit einer externen Stromquelle betreiben.

Apropos Aufladen: Leider hat es Røde seinerzeit versäumt, zum Wireless Go II eine Ladeschale mit integriertem Akku zu konstruieren, in dem sich die Module sicher transportieren und gleichzeitig aufladen lassen. Mittlerweile gibt es mehrere Firmen, die solche Kästchen als Zubehör zu Preisen um 50 Euro anbieten. Wer sich das Røde-Set anschafft, sollte den Kauf besser einplanen. Bei 7Ryms und DJI liegen Ladeschalen hingegen gleich bei.

Comica liefert wiederum nur eine gepolsterte Tasche mit. Auch im Zubehörhandel fanden wir keine Ladeschale, nicht mal von Drittherstellern. In die Kästchen der Konkurrenz passen die Module wegen der unterschiedlichen Bauformen nicht. Käufer müssen die Funkstrecke also immer per Kabel aufladen, wofür Comica (wie 7Ryms) eine spezielle USB-C-Strippe mit zwei Lade- und einem kombinierten Lade-/Datenanschluss beilegt. So kommt man mit einem USB-Anschluss am (nicht beiliegenden) Netzteil oder Rechner aus.

Die nötige Distanz

Alle Testkandidaten funkten laut Hersteller über eine Distanz von mindestens 100 Metern. Dieser Wert gilt jedoch nur auf freiem

Feld bei „Sichtkontakt“ zwischen Sender und Empfänger. Fehlt dieser, weil sich der Protagonist beispielsweise wegdreht, kam es teilweise schon auf halber Strecke zu Aussetzern. Details dazu finden Sie in den Textkästen zu den einzelnen Produkten.

Die getesteten Sets übertragen beziehungsweise speichern die Audiosignale beider Mikrofone wahlweise zusammen in einer Spur (Mono-Modus) oder getrennt in zwei Tracks (Stereo-Modus). Letzteres vereinfacht die Nachbearbeitung am Rechner.

Weiterhin bieten alle einen „Safety“-Betrieb: Wie beim Mono-Modus nehmen sie die Signale beider Mikrofone in einer Spur auf, legen aber eine Kopie mit verringerter Lautstärke als Nebenspur an. So hat man ein Backup, wenn die Hauptspur aufgrund eines plötzlichen Anstiegs der Lautstärke verzerrt ist. Generell kann man bei allen Empfängern den Ausgangspegel in mehreren Stufen einstellen, um übersteuerte Aufnahmen zu vermeiden. Bei Røde geht das allerdings nur für beide Sender zusammen, bei allen anderen für jeden einzeln.

Ganz schön mobil

Bietet ein Mobilgerät einen analogen 3,5-mm-Klinkeneingang, schließt man die Empfänger darüber direkt an; eventuell benötigt man noch ein Adapterkabel (TRS auf TRRS). Da die Testgeräte als Audio-interfaces am Rechner laufen, haben wir zusätzlich ausprobiert, ob sie sich über USB-C auch mit Mobilgeräten wie dem iPad Pro verbinden und sich ihre Funkmikrofone dort für Audioaufnahmen nutzen lassen. Tatsächlich gelang uns dies bei allen Testkandidaten.



7Ryms iRay DW30

Die „iRay“-Reihe umfasst drei Funkstrecken, die sich teils zum Verwechseln ähneln. Eine Aufzeichnungsfunktion bietet nur das Modell „DW30“. Zum Straßenpreis von 175 Euro bekommt man neben einer Ladeschale auch zwei (einfache) Lavalier. Das Set ist dank Displays in allen Modulen und dank Kopfhörerausgang am Empfänger leicht zu bedienen.

Laut Webseite zeichnet das Set in 24 Bit mit einer Samplingrate von 48 kHz auf. Im Test erreichten die Sender als Rekorder aber nur 16 Bit. Laut Anleitung beziehen sich die 24 Bit nur auf die Nutzung des Receivers als USB-Soundkarte am Rechner. Doch auch das konnten wir nicht nachvollziehen. Eine digitale Verbindung zum iPhone ist nicht vorgesehen.

Das DW30 erreichte bei Sichtkontakt zwar die angegebene 100-Meter-Distanz, setzt aber bereits bei etwa der Hälfte der Strecke gelegentlich aus, wenn die Sicht zwischen Sender und Empfänger nicht frei ist. Im Nahbereich reicht die Leistung aber völlig.

↑ preiswertestes Set im Test
 ↑ mit Ladeschale und Lavalieren
 ↓ mittelmäßige Funkreichweite
 ↓ keine digitale Verbindung zu iPhones
 Preis Liste / Straße: 210 / 175 Euro

Dem DJI-Set liegt noch ein Lightning-Adapter für iPhones bei, während man bei Røde ein passendes Kabel (SC15) kaufen muss, das rund 25 Euro kostet. Der Røde-Receiver meldet sich darüber als Stereomikrofon an, sodass die Signale beider Sender separat aufgezeichnet werden. DJIs Empfänger läuft hingegen als Monogerät, die Signale beider Sender werden also in eine Spur gemischt. Über USB-C funktioniert die Stereoübertragung zu Mobilgeräten genauso problemlos wie bei allen anderen Sets.



Comica BoomX-D Pro

Comicas Mini-Funkstrecke „BoomX-D Pro“ gibt es in zwei Varianten: Bei der Ausführung „D1“ finden sich in der Packung ein Empfänger und ein Sender, bei der getesteten Version „D2“ liegen zwei Sender bei. Comica liefert nicht nur wie 7Ryms Lavalier mit, sondern auch Klinkenkabel mit unterschiedlichen Impedanzen, die auf bestimmte Kamerahersteller abgestimmt sind. Leider bekommt man aber keine Ladeschale.

Auch wenn sich die Module optisch von denen des 7Ryms iRay DW307 unterscheiden (und etwas einfacher bedienbar sind), deuten die technischen Daten darauf hin, dass im Inneren die gleiche Elektronik steckt. Allerdings gibt Comica auf seiner Website korrekt an, Aufnahmen mit 16 Bit Samplingtiefe bei einer Samplingrate von 48 kHz anzufertigen.

Beim Reichenweitentest schlug sich das Set einen Tick besser als das von Ryms, da es noch einige Meter mehr Reserven bei leicht verdeckter Sicht bot. An DJI oder Røde reicht es aber auch nicht heran.

- ⬆ mit Lavalieren und vielen Kabeln
- ⬇ mittelmäßige Funkreichweite
- ⬇ keine Ladeschale im Lieferumfang
- ⬇ keine digitale Verbindung zu iPhones

Preis Liste / Straße: 245 / 245 Euro



DJI Mic

DJIs Funkstrecke sticht mit durchdachten Details heraus. So sind die Sender (ohne Display) nicht nur klein, sondern haften dank Metallklammer und mitgelieferte Magneten auch an Shirts. Der Empfänger (mit Kopfhörerbuchse) steckt über mitgelieferte USB-C- und Lightning-Adapter direkt am Smartphone, sodass das Display zum Nutzer zeigt – ideal, wenn man mit einem Handstativ arbeitet. Leider agiert das Mic unter iOS nur als Monomikrofon.

Das Touch-OLED lässt sich hervorragend ablesen, die Bedienung mit großen Fingern gerät aber schnell zum Geduldsspiel, da man oft durch Untermenus navigiert.

Softwareseitig gibt es sinnvolle Funktionen wie Auto-Recording, Tassensperre gegen Fehlbedienung und einen zuschaltbaren Hochpassfilter, der Signalanteile unter 150 Hz eliminiert. Das DJI hat Funkreserven, um auch über weite Strecken stabil zu senden – gemessen bis zu den für Europa angegebenen 160 Metern. Wurde die Sicht versperrt, traten aber eher Störungen auf als bei Røde.

- ⬆ kompakt und durchdacht
- ⬆ gut ablesbares Display
- ⬆ ordentliche Funkverbindung
- ⬇ iPhone-Digitalverbindung nur mono

Preis Liste / Straße: 329 / 329 Euro



Røde Wireless Go II

Die australische Firma mit dem skandinavischen Namen war der Vorreiter der Mini-Funkstrecken, was beim Wireless Go II aber nicht bedeutet, dass es zwingend besser ist als die Konkurrenz: Den Sendern mangelt es an einem Display, auch Kopfhörerausgang oder Ladeschale gibt es nicht. Bei Letzterer springen zumindest Drittanbieter ein.

Eigenwillig: Updates und Einstellungen laufen über die App am Rechner oder Mobilgerät. Auch die Aufnahmefunktion lässt sich nur dort aktivieren – da wünscht man sich schnell mehr Eingabemöglichkeiten an den Modulen. Fürs Überspielen ist ein Windows-PC oder Mac sogar Pflicht.

Die Hardware spielt weiterhin in der oberen Liga mit – unter anderem mit der längsten Laufzeit im Test, iOS-Unterstützung in Stereo (leider nur mit zusätzlichem Adapterkabel) und optionaler MP3-Aufnahme. Auf die angegebene Funkdistanz von 200 Metern kam unser Set im Test zwar nicht ganz, lieferte dafür aber eine stabile Verbindung von weit über 100 Metern.

- ⬆ stabile Funkverbindung
- ⬆ Digitalverb. zum iPhone in Stereo
- ⬇ App-Zwang
- ⬇ Schale und Adapter kosten extra

Preis Liste / Straße: 379 / 289 Euro

Unsere Hoffnung, dass sich die Sets von 7Ryms und Comica einfach über das angesprochene Røde-Adapterkabel am iPhone betreiben lassen, erfüllte sich nicht. Der Grund dürfte in einer mangelnden MFI-Zertifizierung seitens Apple liegen.

Achtung, Aufnahme!

Nach dem Einschalten funken die Sender automatisch die Audiosignale, die sie über ihr integriertes Mikrofon oder das ange-

schlossene Lavalier einfangen, an den Empfänger. Will man zusätzlich eine interne Audioaufnahme starten, drückt man bei den Funkstrecken von 7Ryms und Comica dafür einen dedizierten Knopf am Sender.

Bei Røde wählt man die Recording-Modi über die kostenlose App „Røde Central“ am Windows-PC, am Mac oder am Mobilgerät (Android oder iOS) aus: In der Betriebsart „Always“ startet der Sender automatisch die Aufnahme, sobald er ein-

geschaltet wird – und nimmt so lange auf, bis man ihn wieder ausschaltet. Im „Backup“-Modus läuft die Aufnahme nur, wenn eine Funkverbindung zum Empfänger besteht. Bei DJI hat man die Wahl und kann Aufnahmen sowohl manuell starten als auch eine Autostart-Automatik entsprechend Rødes „Always“-Modus aktivieren.

Standardmäßig zeichnen alle Sender im Test unkomprimiert in PCM auf. Da DJI Mic eine Samplingfrequenz von 48 kHz bei einer Samplingrate von 24 Bit verwen-



Als Zubehör bekommt man Mikrofongriffe, auf die sich die Sender stecken lassen. So hat man ruckzuck ein Handmikrofon.

det, reicht der 8 GByte große Speicher für rund 14 Stunden Aufnahme. Die Sender von 7Ryms und Comica verfügen über einen genauso großen Speicher, kommen aber auf ganze 24 Stunden, da ihre Samplingtiefe nur 16 Bit umfasst (auch wenn 7Ryms' Werbung etwas anderes suggeriert, siehe Textkasten zum Produkt).

Die Wireless Go II haben den kleinsten Speicher, der bei PCM-Aufnahme in 24 Bit mit wahlweise 44,1 oder 48 kHz „schon“ in rund sieben Stunden voll ist. Für die meisten Anwendungen reicht dies wohl aus. Alternativ legt Røde die Aufnahmen komprimiert im MP3-Format ab, und zwar wahlweise in Bitraten zwischen 128 und 320 kBit/s. Dadurch verlängert sich die Aufnahmezeit auf über 41 Stunden. MP3-Aufzeichnungen sind allerdings nur

möglich, wenn der Sender im angesprochenen „Backup“- und nicht im „Always“-Modus läuft – warum das so ist, erklärt der Hersteller nicht.

Auch bei der Frage, wie man an die internen Aufnahmen herankommt, tanzt Røde aus der Reihe: Während sich alle anderen Sender am Rechner einfach als Wechselspeichermedium anmelden und die Aufnahmen als WAV-Dateien bereitstellen, läuft der Export beim Wireless Go II über die App – und auch nur über die Desktopversion. Immerhin kann man so auch Teile einer Aufnahme auswählen und extrahieren. Dazu setzen die Sender während des Recordings auf Knopfdruck Marker, um bestimmte Stellen später besser auffindbar zu machen. Zudem markiert das Set selbst, wenn es bei der Funkübertragung zu Aussetzern (Drop-outs) kam.

Klang

Im Hörtest erlebten wir keine fatalen Aussetzer. Am ehesten fiel das Comica BoomX-D2 Pro auf, da es die Audiosignale im direkten Vergleich etwas leiser übertrug als der Rest des Feldes. Hier muss man die mitgelieferten Audiokabel durchprobieren und eventuell Pegel nachregulieren, erhält dann aber einen brauchbaren Klang.

Hört man sich die Testaufnahmen über Kopfhörer an, kann man beim 7Ryms trotz angeblichem Denoising ein etwas höheres Grundrauschen ausmachen, das DJI-Set klingt teilweise einen Tick dump-

fer als das Røde, das dafür minimal mehr rauscht. Bei Einsatz eines Lavaliers hatte wiederum das DJI Mic nach unserem Eindruck etwas die Nase vorn. Spielt man die Aufnahmen über Lautsprecher ab, fallen diese Unterschiede aber nicht auf.

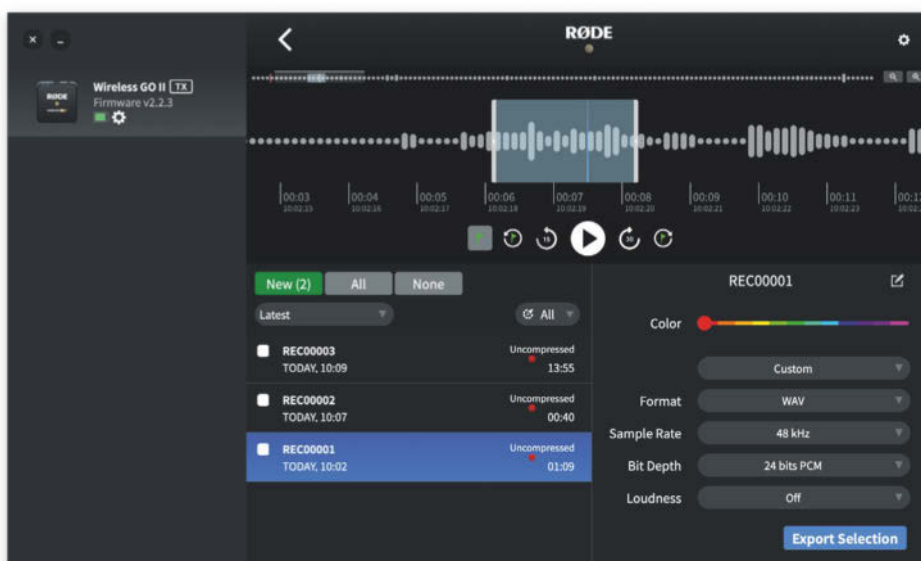
Fazit

Die Mini-Funkstrecke, die in jedem Punkt voll überzeugt, fanden wir in diesem Test nicht. Ein Gewinn sind aber grundsätzlich alle getesteten Sets, da sie durchweg besser klingen als viele Aufnahmen, die interne Mikrofonen in Kameras und Smartphones hinbekommen. Untereinander sind Unterschiede beim Ton oft nur im direkten Vergleich wahrnehmbar. Klar wurde im Test auch: Da die Gefahr von Aussetzern beim Funk auf 2,4 GHz immer gegeben ist, war die Wahl von Funkstrecken mit Backup sinnvoll.

Wer möglichst wenig ausgeben möchte, kann daher zum 7Ryms iRay DW30 greifen – für 175 Euro bietet das Set mit Ladeschale und zwei Lavalieren ein gutes Verhältnis von Preis und Leistung. Weniger geeignet ist das Set, wenn man über weite Strecken arbeiten oder eine digitale Audioverbindung zu einem iPhone herstellen möchte. Dies alles gilt auch für das Comica BoomX-D2 Pro, womit sich die Frage stellt, wieso man dafür gut 70 Euro mehr ausgeben soll – zumal man dann nicht einmal eine Ladeschale bekommt.

Das Røde Wireless Go II hat sich einen Ruf als zuverlässiges Arbeitstier erarbeitet, das auch etwas höheren Ansprüchen genügt. Zu Recht, wie das Set im Test mit einer sehr stabilen Funkverbindung und der langen Laufzeit bewies. Dennoch ist nicht zu leugnen, dass einige Eigenarten der Mini-Funkstrecke nerven – darunter, dass man Ladeschale und Adapterkabel nachkaufen muss, vor allem aber der App-Zwang.

So liefern sich das DJI Mic mit dem Wireless Go II über weite Strecken ein Kopf-an-Kopf-Rennen. Am Ende überzeugen am Herausforderer vor allem die einfache Bedienung und wie leicht man an die Aufnahmen kommt. Wer nicht unbedingt eine digitale Stereo-Audio-Verbindung zum iPhone benötigt oder über sehr weite Strecken oder besonders lange am Stück funken will, fährt mit dem Mic insgesamt besser. Bedenkt man, dass DJI Ladeschale und Adapter mitliefert, relativiert sich auch der etwas höhere Straßenpreis. (nij@ct.de)



Um die Aufnahmen von den Røde-Sendern herunterzubekommen, benötigt man die „Røde Central“-App auf Windows-PC oder Mac. Zwar gibt es die App auch für Mobilgeräte, darüber kann man aber nur Einstellungen vornehmen.

Mini-Audiofunkstrecken mit Aufnahmefunktion

Hersteller	7RYMS	Comica	DJI	Rode
Modell	iRAY DW30	BoomX-D PRO	Mic	Wireless Go II
URL	7ryms.com	comica-audio.com	dji.com/de	rode.com/de
getestete Konfiguration	2 Sender, 1 Empfänger	2 Sender, 1 Empfänger (Set "D2")	2 Sender, 1 Empfänger	2 Sender, 1 Empfänger (Set "Dual")
Aufnahme				
eingebautes / sep. Mikro	✓ / ✓ (3,5-mm-TRS, keine Phantomspannung)	✓ / ✓ (3,5-mm-TRS, keine Phantomspannung)	✓ / ✓ (3,5-mm-TRS, keine Phantomspannung)	✓ / ✓ (3,5-mm-TRS, keine Phantomspannung)
Ausrichtung eingeb. Mikrofon	omnidirektional	omnidirektional	omnidirektional	omnidirektional
Pegeleinstellung	✓ (einzeln für jeden Sender)	✓ (einzeln für jeden Sender)	✓ (einzeln für jeden Sender)	✓ (nur zusammen für beide Sender)
Frequenzgang	80 Hz - 20 kHz	80 Hz - 20 kHz	50 Hz - 20 kHz (150 Hz - 20 kHz mit Low Cut)	50 Hz - 20 kHz
Samplingrate / Bittiefe	48 kHz / 16 Bit	48 kHz / 16 Bit	48 kHz / 24 Bit	44,1 oder 48 kHz / 24 oder 32 Bit
Codec	PCM (WAV)	PCM (WAV)	PCM (WAV)	PCM (WAV) oder MP3
max. Aufnahmedauer	24 Stunden (8 GByte Speicher)	24 Stunden (8 GByte Speicher)	14 Stunden (8 GByte Speicher)	7 / >41 St. (PCM / MP3, 3,6 GByte Speicher)
Sender autark als Recorder	✓	✓	✓	✓
Sicherheitsaufnahme	✓ (zweite Spur mit -6 dB)	✓ (zweite Spur mit -6 dB)	✓ (zweite Spur mit -6 dB)	✓ (zweite Spur mit -20 dB)
Autostart/Stopp-Sperre	– / –	– / –	✓ (beim Einschalten des Senders) / ✓	✓ (beim Einschalten des Senders) / –
Erfassung Datum und Uhrzeit	–	–	✓	✓
Marker	–	–	–	✓ (manuell und automatisch bei Dropouts)
Überspielung Aufnahme - PC	direkt (Wechselspeichermedium)	direkt (Wechselspeichermedium)	direkt (Wechselspeichermedium)	über Companion App (Windows-PC, Mac)
Anzeigen				
Display am Sender / Empf.	✓ (LCD) / ✓ (LCD)	✓ (LCD) / ✓	– (Status-LEDs) / ✓ (OLED-Touchscreen)	– (Status-LEDs) / ✓ (LCD)
Anzeigen Display Sender	Lautstärkepegel, Pairing, Kanal, Signalstärke, Mute, Akkustand, Aufnahmemodus, Aufnahmedauer	Lautstärkepegel, Pairing, Kanal, Signalstärke, Mute, Akkustand, Aufnahmemodus, Aufnahmedauer	–	–
Anzeigen Display Empfänger	Lautstärkepegel, Pairing, Kanal, Aufnahmemodus, Akkustand, Ausgangspegel	Lautstärkepegel, Pairing, Kanal, Aufnahmemodus, Akkustand, Ausgangspegel	Lautstärkepegel, Akkustand (Sender und Empfänger), Stärke Funksignal, Verstärkung, Aufnahmemodus und mehr	Lautstärkepegel, Akkustand (Sender und Empfänger), Stärke Funksignal, Verstärkung
Funkübertragung				
Art der Übertragung	digital, keine Angaben zu Verschlüsselung	digital, keine Angaben zu Verschlüsselung	digital, laut DJI mit proprietärer Verschlüsselung	digital, laut Rode mit 128-Bit-Verschlüsselung
Frequenz / Reichw. auf Sicht	2,4 GHz / 100 m (gemessen 100 m)	2,4 GHz / 100 m (gemessen 100 m)	2,4 GHz / 160 m (gemessen 160 m)	2,4 GHz / 200 m (gemessen 175 m)
Konnektivität				
Audio-Ausgang Empfänger	✓ (3,5-mm-Klinke)	✓ (3,5-mm-Klinke)	✓ (3,5-mm-Klinke)	✓ (3,5-mm-Klinke)
Kopfhörer-Kontrolle Empf.	✓ (3,5-mm-Klinke)	✓ (3,5-mm-Klinke)	✓ (3,5-mm-Klinke)	–
Datenausgang Empfänger	USB-C	USB-C	USB-C	USB-C
Audio-Verbindung Mobilgeräte	USB-C	USB-C	USB-C, Lightning über Adapter (mitgeliefert)	USB-C, Lightning über Adapterkabel (Zubehör)
Mobilgeräte-App	–	–	–	✓ (Android ab 9.0, iOS ab 14)
Verb. mit Desktop-Rechner	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓ (über App, Windows ab 10, macOS ab 10.11)
Empfänger als Audiointerface	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓ (direkt, Verbindung über USB)	✓
Akku				
Typ, Kapazität Sender	Li-ion, 330 mAh	Li-ion, 330 mAh	LiPo 1S, 320 mAh	k. A.
Typ, Kapazität Empfänger	Li-ion, 330 mAh	Li-ion, 330 mAh	LiPo 1S, 320 mAh	k. A.
Ladeanschluss	USB-C und proprietär für Ladeschale	USB-C	USB-C und proprietär für Ladeschale	USB-C
Sender: Laufz. lt. Herst. / gemessen	4:30 / 4:20 (3:40) Stunden	4:30 / 4:00 (3:35) Stunden	5:30 / 5:45 (4:45) Stunden	7:00 / 6:10 (5:50) Stunden
Empfänger Laufz. lt. H. / gemessen	6:00 / 6:00 Stunden	6:00 / 6:05 Stunden	5:00 / 5:25 Stunden	7 :00 / 6:20 Stunden
Ladeschale				
im Lieferumfang	✓	–	✓	– (von Drittherstellern erhältlich)
Typ, Kapazität Sender	Li-iOn, 3000 mAh	–	LiPo 1S, 1800 mAh, USB-C-Anschluss	–
Akkustandanzeige	✓ (über LEDs)	–	✓ (über LEDs)	–
Sonstiges				
Lieferumfang	2 Lavalieri, 2 Windschutze, 3 Audiokabel (3,5-mm-Klinke auf TRS und TRRS), Ladeschale, Ladekabel	2 Lavalieri, 2 Windschutze, 2 Audiokabel (3,5-mm-Klinke auf TRS und TRRS), Ladekabel	2 Windschutze, Audiokabel (3,5-mm-Klinke TRS auf TRS), 2 Adapter (USB-C und Lightning), Ladekabel, Magnet für Klemme, Ladeschale, Tragetasche	2 Windschutze, Audiokabel (3,5-mm-Klinke TRS auf TRS), 3 Ladekabe, Tragetasche
Maße, Gewicht Sender (H × B × T)	45 mm × 45 mm × 22 mm, 28 g	45 mm × 39 mm × 22 mm, 29 g	47 mm × 30 mm × 20 mm, 30 g	44 mm × 45 mm × 18 mm, 30 g
Maße, Gewicht Empfänger (H × B × T)	45 mm × 45 mm × 22 mm, 28 g	45 mm × 39 mm × 22 mm), 29 g	47 mm × 32 mm × 17 mm, 24,9 g	44 mm × 45 mm × 18 mm, 32 g
Maße, Gewicht Ladechase (H × B × T)	60 mm × 125 mm × 60 mm, 230 g	–	62 mm × 105 mm × 41,5 mm), 162 g	–
Bewertung				
Klang / Einsatzgebiete	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕
Funkverbindung / Laufzeit	○ / ○	○ / ○	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Bedienung / Lieferumfang	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊖ / ⊖
Preis Liste / StraBe	210 / 175 €	245 / 245 €	329 / 329 €	379 / 289 €
Laufzeit in Klammern: Sender mit eingeschalteter Aufnahmefunktion. Alle Laufzeiten sind auf 5 Minuten gerundet.				
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden / möglich – nicht vorhanden / nicht möglich k. A. keine Angabe				



Bequem mobil

Günstige Laufzeitverträge für den Mobilfunk

Laufzeitverträge für den Mobilfunk haben einige Vorteile: Man muss sich nicht um den Kontostand kümmern, es gibt Rechnungen, die das Finanzamt anerkennt und zusätzliche SIM-Karten oder eSIMs für mobile Geräte wie Tablets oder Smartwatches. Die Leistungsunterschiede bei Billigangeboten sind enorm.

Von Urs Mansmann

Rund drei Viertel der Mobilfunkverträge in Deutschland laufen mit fester Vertragsbindung. Die tendenziell günstigeren Prepaidverträge nutzen demnach nur ein Viertel der Kunden. Wir haben zusammengetragen, was Sie für ein monatliches Budget von maximal 30 Euro erwarten dürfen. Eine Tarifübersicht finden Sie auf Seite 116.

Der offensichtliche Vorteil der Laufzeitverträge ist der Komfort: Sie müssen nicht darüber nachdenken, wie viel Geld noch auf dem Mobilfunkkonto ist, ob es bis zum nächsten Aufladen reicht und wie Sie schnell nachbuchen können, wenn Sie es einmal vergessen haben. Zudem bieten die Laufzeitangebote Leistungen, die man

bei Prepaidtarifen vergeblich sucht: etwa die monatliche Rechnung, die auch das Finanzamt anerkennt. Prepaidkunden erhalten nur eine Quittung für die Einzahlung, diese ist aber kein Nachweis über den Verbrauch, denn nicht verbrauchtes Guthaben kann am Vertragsende erstattet werden. Die Rechnung für Laufzeitkunden hingegen kann man als Betriebsausgaben geltend machen oder von der Steuer absetzen.

Bei vielen Laufzeitverträgen ist es möglich, zusätzliche SIM-Karten zu buchen. Mit diesen können Sie beispielsweise Smartwatches, Tablets oder Systeme im Auto mit dem Internet verbinden, ohne dass Sie dafür eigene Verträge schließen

müssten. Das vorhandene Volumen können Sie mit allen verbundenen Geräten nutzen. Anrufe und SMS kommen aber weiterhin auf dem Hauptgerät an.

Die SIM-Karten kommen üblicherweise als Triple-SIM, aus denen man das gewünschte Format Mini-, Micro- oder Nano-SIM herausbrechen kann. Das sollte man vorsichtig und in Ruhe tun: Hat man versehentlich eine zu kleine Größe herausgebrochen, muss man sich erst einen Adapter besorgen, denn die Karte kann man nicht mehr in die Aussparung zurückdrücken, ohne dass man Gefahr läuft, dass sie sich wieder löst und womöglich im Gerät verkeilt.

Noch eleganter geht es mit der eSIM, die sich herunterladen lässt. Moderne Smartphones der Oberklasse kommen mit eingebauter eSIM, bei vielen anderen lässt sie sich nachrüsten [1]. Viele Anbieter schicken aber auf jeden Fall zunächst eine physische SIM zu. Erst wenn man diese aktiviert hat, kann man auf eine eSIM wechseln. Das ist wenig kundenfreundlich, denn dadurch entsteht eine unnötige Verzögerung von einigen Tagen. Vermutlich dient die Extrarunde dazu, die Adresse des Kunden zu verifizieren und so sicherzustellen, dass man sich nicht in betrügerischer Absicht anmeldet. Anders als bei Prepaidverträgen gibt es bei Laufzeitverträgen keine gesetzliche Pflicht, die Ausweisdaten des Kunden zu prüfen und zu erfassen. Die Anbieter minimieren

c't kompakt

- Mobilfunklaufzeitverträge bieten oft eine Multi-SIM für zusätzliche Geräte.
- Viele Verträge sind alternativ mit kurzer Laufzeit erhältlich.
- Günstige Tarife bieten meist nur LTE-Zugang, kein 5G.

ihr wirtschaftliches Risiko im eigenen Interesse.

Eine Flatrate für Inlandstelefonie und SMS ist bei Laufzeitтарifen meistens enthalten, aber in manchen Verträgen eben doch nicht. Prüfen Sie vor dem Abschluss, welche Leistungen der Tarif umfasst. Das Produktinformationsblatt gibt darüber nicht unbedingt Aufschluss, denn einige Anbieter vermerken dort nicht, wenn eine Flatrate enthalten ist. Achten Sie auf die Details in der Tariftabelle: Es kann in einzelnen Tarifen durchaus eine Flat für Telefonie dabei sein, für SMS jedoch nicht.

Billigtarife sind nicht unbedingt im Ausland einsetzbar. Der in der Tabelle aufgelistete Tarif „Freenet Funk“ etwa lässt sich nur in Deutschland nutzen. Zwar werden inzwischen kaum mehr solche nationalen Tarife angeboten, aber womöglich haben Sie ja noch einen Altvertrag, der

kein Roaming unterstützt. Vor einem Urlaub im Ausland sollten Sie ohnehin immer die Konditionen checken, insbesondere wenn Sie in Nicht-EU-Länder wie beispielsweise die Schweiz, Serbien oder die Türkei fahren. Großbritannien wird vorerst weiterhin wie ein EU-Land abgerechnet, das aber kann sich jederzeit ändern.

Preistricks

Der angegebene Monatspreis muss nicht lange gelten. Aus 9,99 Euro mit Sternchen können nach 3, 12 oder 24 Monaten dann plötzlich 29,99 Euro pro Monat werden – für den Kunden ist das immer mit dem Risiko verbunden, dass er das nach zwei Jahren vergessen hat und den Preissprung nicht bemerkt. Natürlich kann man solche Vergünstigungen mitnehmen, dann sollte man sich aber auch einen Merker setzen, um rechtzeitig den dann zu teuren Vertrag zu kündigen. In unserer Tabelle finden Sie den Preis, der nach 24 Monaten fällig wird. Vorübergehende Preisreduktionen führen wir summiert als Gutschrift auf, bei 20 Euro über 3 Monate ergäbe sich also beispielsweise eine Gutschrift von 60 Euro. Einmalgebühren ziehen wir davon ab, daraus ergeben sich die krummen Preisangaben an dieser Stelle.

Mit großem Abstand am teuersten sind Verträge bei den Netzbetreibern Telekom und Vodafone. Für 25 beziehungsweise 30 Euro im Monat bekommt man dort 5 Gigabyte im Monat und eine Tele-

WARENKORB

👍 Gute Wahl! Ihre Bestellung in der Übersicht.

Menge	Produkte	monatlich	einmalig
Produkt(e) mit Vertrag			
	GREEN LTE 18 GB (MONATLICH KÜNDBAR) ¹ ✓ SIM-Karte (passend zu Ihrem Handy) ✓ 1 Monat Mindestvertragslaufzeit ¹ ✓ EU-Roaming > Tarifiedetails und Produktinformationsblatt	24,99 €	
<div style="background-color: #c8e6c9; padding: 5px; border-radius: 5px; margin-bottom: 5px;"> DAS KANN IHR NEUER TARIF ✓ 18 GB LTE Internet-Flat ✓ FLAT – Telefonie & SMS ✓ EU-Roaming </div>			
+	KENNELNERN-RABATT: 10 € WENIGER ZAHLEN FÜR 24 MONATE ¹	-10,00 €	
+	ANSCHLUSSPREIS		39,99 €
+	10 € RABATT AUF DEN ANSCHLUSSPREIS		-10,00 €

Preis monatlich
14.99¹⁾ €
 statt regulär 24,99 €
 zzgl. 29,99 € Anschlusspreis, **versandkostenfrei**

Tarif in den Warenkorb legen

[> Tarif ändern](#)

14,99 Euro im Monat, oder etwa nicht?

Wer sich nicht durch den ellenlangen Fußnotentext gequält hat, erkennt erst im Warenkorb, dass der Nachlass nur befristet gilt.

Tarife

LTE und 5G Tarife

LTE und 5G Tarife – ohne Vertragslaufzeit

All-Net-Flat für junge Leute

1&1 Vorteilswelt

1&1 Mobilfunk-Tarife für Kinder

Bei 1&1 muss man im Menü die richtige Auswahl treffen, um die Tarife ohne Vertragslaufzeit zu finden.

fonie- und SMS-Flat. Bei Service Providern zahlt man für eine vergleichbare Leistung mit meist 10 bis 20 Euro deutlich weniger, allerdings ist dann oft keine Multi-SIM erhältlich.

Wenn Sie die Preise vergleichen, müssen Sie nicht nur darauf achten, wie groß das Volumen ist, sondern auch, in welchem Netz Sie unterwegs sein wollen und wie viele Karten Sie benötigen. Zusätzliche Rabatte gibt es vielerorts für Zweitverträge in der Familie, etwa für den Partner oder für Kinder. Rabatte gibt es auch

bei vielen Anbietern für junge Leute, allerdings erlöschen diese automatisch, sobald das festgelegte Alter erreicht ist.

Laufzeitverträge gehören nicht ohne Sicherheitsmaßnahmen in die Hände von Kindern und auch für technisch wenig versierte Erwachsene kann ein Prepaidvertrag eine komfortable und sichere Alternative sein. Teure Servicrufnummern, Auslandstelefonate, Roamingnutzung und die Abrechnung externer Leistungen über die Mobilfunkrechnung, oft als Abfallen bezeichnet, können erhebliche Kosten verursachen. Speziell für Kinder vorgesehene Zusatzkarten bieten deshalb in aller Regel eine Kostenkontrolle. Sie lassen sich beispielsweise nur für kostenlose nationale Gespräche einsetzen und das Bezahlen per Handyrechnung ist gesperrt. Das sollte ausdrücklich so in den Bedingungen stehen, nicht jede für Kinder angebotene Karte muss tatsächlich für Kinder geeignet sein. Onlinezahlungen per Mobilfunkrechnung sollte man in allen Verträgen sicherheitshalber komplett sperren, wenn man diese Funktion nicht nutzen will und vielleicht lieber Apple- oder Google Pay.

Nur LTE statt 5G

Erstaunlicherweise bekommen Laufzeitkunden mit günstigen Verträgen in den

meisten Tarifen keinen Zugriff auf das 5G-Netz, sondern müssen sich mit LTE (4G) begnügen. Während Prepaidkunden von Vodafone und Telekom ganz selbstverständlich das modernste Netz nutzen können, dient es vielen Anbietern bei günstigen Laufzeitverträgen offenbar als Mittel, um die Kunden in teurere Verträge zu locken. Bei Vodafone bekommt man schon im günstigsten Laufzeitvertrag Zugriff auf das 5G-Netz, nicht aber bei den günstigeren Service Providern, die Verträge im Vodafone-Netz anbieten.

Das 4G-Netz ist sehr leistungsfähig und auch die Abdeckung ist mit dem 5G-Netz bislang nicht besser, da überall, wo 5G verfügbar ist, auch 4G läuft. Schneller und stabiler wäre die Verbindung im neuen Netz aber allemal. Warum die Netzbetreiber vorhandene zusätzliche Kapazitäten nicht allen Laufzeitkunden zur Verfügung stellen und damit auch ihre Versorgungsstatistik aufhübschen, bleibt unverständlich.

Das richtige Mobilfunknetz

Wenn Sie hauptsächlich in Ballungszentren und Großstädten unterwegs sind, spielt die Wahl des Netzes keine große Rolle. Jedes Netz hat hier und da kleine Schwachstellen. Ist Ihnen der Empfang an

Smartphone-Tarife bis 30 Euro im Monat (Auswahl)

Anbieter	1&1	1&1	Blau	Blau	Congstar	Congstar
Tarif	All-Net-Flat LTE S (M)	All-Net-Flat 5G L	Allnet L (Plus) Flex	Allnet Max Flex Deal (Ultra)	Allnet Flat S (S extra)	Allnet Flat M (L)
URL	1und1.de	1und1.de	blau.de	blau.de	congarstar.de	congarstar.de
Netz / Mobilfunktechnologie	02 / LTE	02 / 5G	02 / LTE	02 / LTE	Telekom / LTE	Telekom / LTE
Grundkonditionen						
Grundvolumen ohne Aufpreis	5 (10) GByte/Monat	25 GByte/Monat	3 ⁴ (8 ⁴) GByte/Monat	16 (16 ⁴) GByte/Monat	4 ⁵ (8 ⁵) GByte/Monat	16 ⁵ (32 ⁵) GByte/Monat
max. Datenrate Download / Upload	50 / 25 (225 / 50) Mbit/s	500 / 50 Mbit/s	25 / 11,2 Mbit/s	25 / 11,2 Mbit/s	25 / 10 Mbit/s ³	50 / 25 Mbit/s
Drosselung Download / Upload	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s
Flatrate Telefon / SMS	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Optionen und Erweiterungen						
Optionen Telefonie (alle deutschen Netze)	–	–	–	–	–	–
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	–	–	–	–	–	–
Multi-SIM	–	eine zusätzliche SIM kostenlos, eine weitere 4,99€/Monat	–	–	–	–
eSIM	✓	✓	–	–	✓	✓
Kosten für Ersatz-SIM	15,39 €	15,39 €	14,98 €	14,98 €	15 €	15 €
Wunschrufnummer	–	–	–	–	15 €	15 €
Kosten bei Online-Bestellung						
Mindestvertragslaufzeit / Kündigungsfrist	1 Monat / 14 Tage	1 Monat / 14 Tage	– / 1 Monat	– / 1 Monat	1 Monat / 14 Tage	1 Monat / 14 Tage
einmalige Gebühren abzüglich Rabatte und Guthaben ²	19,90 € ¹	19,90 € ¹	90,01 (282,01) €	354,01 (234,01) € Gutschrift	15 € (kostenlos)	15 € (kostenlos)
monatliche Kosten (ohne Rabatte) mindestens	19,99 (24,99) €	29,99 €	11,99 (21,99) €/Monat	27,99 (27,99) €/Monat	12 (17) €	22 (27) €

¹ Ermäßigungen bei 24 Monaten Laufzeit² gerechnet auf 24 Monate Vertragsdauer³ 50 Mbit/s im Downstream gegen Aufpreis⁴ im Angebot enthaltenes zusätzliches Volumen gilt nur für die ersten 24 Monate

einem Ort besonders wichtig, wissen Sie ohnehin, welche Netze dort funktionieren und welche nicht.

In Netztests geht schon seit vielen Jahren zuverlässig die Telekom als Sieger hervor, Vodafone belegt mit geringem Abstand den zweiten Rang. Der Abstand zu O2 auf dem letzten Platz hat sich verringert, offenbar hat Telefónica viele neue Standorte in Betrieb genommen. Der vierte Netzbetreiber 1&1 hinkt dem eigenen Ausbauplan hinterher. Das Netz hat noch sehr wenige Basisstationen und spielt derzeit keine praktische Rolle. 1&1-Kunden nutzen bis auf Weiteres das O2-Netz.

Ändern könnte sich das im Laufe des Jahres: 1&1 hat angekündigt, zahlreiche Standorte in Betrieb zu nehmen. Derzeit drohen den Netzbetreibern Bußgelder der Bundesnetzagentur, weil sie Ausbauverpflichtungen auf dem flachen Land nicht nachgekommen sind. Durch den verstärkten Ausbau dort und Kooperationen zwischen den Netzbetreibern in Gegenden mit wenig Nachfrage dürften sich die bestehenden Unterschiede zwischen den Netzen eher noch verringern. In puncto Netzabdeckung wird also künftig tendenziell immer weniger eine Rolle spielen, bei welchem Netzbetreiber man unter Vertrag ist.

Zusätzliche Rabatte gibt es bei Vodafone für junge Leute und für Festnetz-Bestandskunden.

1
Vorteil für junge Leute

☐ Ich bin unter 28

2
Vorteil für Vodafone-Kund:innen

☐ Ich habe Internet & Festnetz

3
Wähl Dein Datenvolumen

Spar 100 €

5 GB

15 GB

30 GB

∞ unbegrenzt

Kostenlos dabei: GigaDepot

Du nimmst ungenutztes Datenvolumen automatisch mit in den nächsten Monat.

Was ist im Tarif inklusive?

Scheinbar große Unterschiede gibt es bei der Datenrate, die in den unterschiedlichen Verträgen zur Verfügung stehen soll. Günstige Verträge haben oft ein Limit bei 25 oder 50 Mbit/s, teure Verträge bieten 200, 300 oder 500 Mbit/s. In der Realität ist der Unterschied viel kleiner, als diese Zahlen vermuten lassen. Die Mobilfunknetze sind stark belastet und besonders in ländlichen Gegenden bekom-

men Kunden bei größeren Downloads ohnehin oft nur Datenraten im zweistelligen Bereich, egal wie vollmundig das Versprechen des Netzbetreibers ausfällt. Da im Mobilfunk eher kleine Datenmengen übertragen werden, spielt die Datenrate nur eine untergeordnete Rolle für die tatsächliche Geschwindigkeit, mit der sich Inhalte in Apps öffnen oder Nachrichten verschickt werden.

Freenet	Freenet Mobile	Freenet	Freenet	Freenet	Freenet	High Mobile
Funk 1 GB (unlimited)	LTE Allnet Flat 7 / 18 / 25 GB	Green LTE 1+2 (6+4) GB	Green LTE 5 (10) GB	Green LTE 6 / 12 / 18 GB	Free Unlimited Basic	High Start 1 Flex
freenet-funk.de	freenetmobile.de	freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	high-mobile.de
O2 / LTE	Vodafone / LTE	Telekom / LTE	Vodafone / LTE	O2 / LTE	O2 / LTE	Telekom / LTE
1 GByte/Tag (Flatrate)	7 / 18/ 25 GByte/Monat	3 (10) GByte/Monat	5 (10) GByte/Monat	6 / 12 / 18 GByte/Monat	Flatrate	1 GByte/Monat
225 / 50 Mbit/s	21,6 / 3,6 ³ Mbit/s (50 / 25 Mbit/s mit 18 und 100 / 25 Mbit/s mit 25 GByte/Monat)	25 / 10 Mbit/s	21,6 / 3,6 (50 / 25) Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	2/ 1 Mbit/s	25 / 10 Mbit/s
64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	32 / 32 kbit/s	–	32 / 32 kbit/s
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –
–	–	–	–	–	–	–
kein Roaming möglich	–	–	–	–	–	–
–	–	2 weitere SIM je 30 € einmalig, 4,95 €/Monat	2 weitere SIM je 5 €/Monat	–	–	–
–	✓ (24,95 €)	✓	✓	✓	✓	✓ (9,90 €)
10 €	24,95 €	25,95 €	25,95 €	25,95 €	25,95 €	14,90 €
–	–	39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	kostenlos
1 Tag / –	1 / 1 Monat	24 / 1 Monate	24 / 1 Monate	1 / 1 Monat	1 / 1 Monat	1 / 1 Monat
10 €	29,99 €	268,01 € Gutschrift	244,01 (268,01) € Gutschrift	148,01 / 152,01 / 210,01 € Gutschrift	200,01 € Gutschrift	19,90 €
20,99 (30,11) € ⁷	9,99 / 14,99 / 19,99 €	21,99 (26,99) €	21,99 (26,99) €	14,99 / 19,99 / 24,99 € ¹	29,99 € ¹	6 €

⁵ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 1 GByte

⁶ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 5 GByte

⁷ tägliche Abrechnung

– nicht vorhanden

✓ vorhanden

Die Telekom möchte gleich die ganze Familie mit Mobilfunktarifen ausstatten und gibt dafür satte Rabatte, allerdings nicht für den Einsteigertarif unter 30 Euro.

Der bei Freenet für unter 30 Euro monatlich erhältliche O2-Tarif „Free Unlimited Basic“ treibt es mit 2 Mbit/s im Downstream und 1 Mbit/s im Upstream auf die Spitze. Die echte Flatrate ist vom Volumen her nicht beschränkt, aber 2 Mbit/s sind so langsam, dass man dann doch merkt, dass die Datenrate deutlich gedrosselt ist. Wer es schneller mag, kann auch höhere Geschwindigkeitsstufen buchen, dann aber sprengt der Tarif die hier gesetzte 30-Euro-Grenze.

Unbedingt vermeiden sollte man Verträge mit einem zu kleinen Datenvolumen für den eigenen Bedarf, bei denen man gegen Ende des Rechnungsmonats in die Drosselung gerät. Mit 16 bis 64 kbit/s wird der Anschluss dann fürs Internet komplett unbrauchbar. Wenn überhaupt lassen sich damit gerade noch Textnachrichten austauschen, jedoch mit großer Verzögerung, weil meist mehrere Apps um die knappe Bandbreite konkurrieren und sich damit

allzu oft gegenseitig lahmlegen. Wer bei leerem Datentank Volumen nachkauft, muss vergleichsweise viel Geld hinlegen. Die Provider nutzen die Notsituation des Kunden schamlos aus und verkaufen geringe Volumina zu Höchstpreisen, etwa 0,5 Gigabyte für 5,95 Euro bei der Telekom oder bei Vodafone 0,1 Gigabyte für 2 Euro.

Besser ist es, von vornherein einen satten Sicherheitspuffer einzuplanen, so dass das Volumen auch dann nicht knapp wird, wenn man einmal mehr verbraucht als gewohnt, etwa weil man unterwegs ist und kein WLAN zur Verfügung hat. Damit fährt man auf Dauer deutlich günstiger und macht sich weniger Stress.

Kurz gebunden

Die Mobilfunkanbieter dienen ihren Kunden am liebsten Verträge mit langer Laufzeit an. Wer sich auf zwei Jahre bindet, hat dadurch aber meistens nur Nachteile. Ein Mobilfunkvertrag lässt sich innerhalb der Mindestvertragslaufzeit nicht kündigen. Wer also einen Vertrag über 30 Euro im Monat mit 24 Monaten Laufzeit schließt, übereignet damit mindestens 720 Euro an seinen Vertragspartner.

Trotz Energiekrise und Inflation sind die Preise im Mobilfunkmarkt stabil. Das

Smartphone-Tarife bis 30 Euro im Monat (Auswahl)

Anbieter	High Mobile	Klarmobil	Maxxim	Maxxim	O2	Otelo
Tarif	High Allnet 5 / 15 / 20	Allnet Flat 10 / 15 GB / 22 GB LTE	1 (3) GB LTE	5 (20) GB LTE	Free S Boost Flex	Allnet Flat Go 7 / Classic 20 / Max 40 GB
URL	high-mobile.de	klarmobil.de	maxxim.de	maxxim.de	o2.de	otelo.de
Netz / Mobilfunktechnologie	Telekom / LTE	Telekom / LTE	O2 / LTE	O2 / LTE	O2 / LTE	Vodafone / LTE
Grundkonditionen						
Grundvolumen ohne Aufpreis	10 / 15 / 25 GByte/Monat	10 / 15 / 25 GByte/Monat	1 (3) GByte/Monat	5 (20) GByte/Monat	6 GByte/Monat	7 / 20 / 40 GByte/Monat
max. Datenrate Download / Upload	50 / 25 Mbit/s ³	25 / 10 Mbit/s ³	50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	225 / 50 Mbit/s	21,6 / 3,6 Mbit/s ³
Drosselung Download / Upload	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s	16 / 16 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	16 / 16 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	32 / 32 kbit/s	64 / 64 kbit/s
Flatrate Telefon / SMS	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Optionen und Erweiterungen						
Optionen Telefonie (alle deutschen Netze)	—	—	—	—	Kostenlose Festnetznummer	—
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	—	—	—	—	—	—
Multi-SIM	—	—	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	bis zu 2 weitere SIM und 7 Daten-SIM kostenlos	—
eSIM	✓	✓	✓	✓	✓	—
Kosten für Ersatz-SIM	14,90 €	24,95 €	14,95 €	14,95 €	24,99 €	9,90 €
Wunschrufnummer	kostenlos	—	✓	—	—	—
Kosten bei Online-Bestellung						
Mindestvertragslaufzeit / Kündigungsfrist	1 / 1 Monat	1 / 1 Monat	— / 1 Monat	— / 1 Monat	— / 1 Monat	24 / 1 Monate
einmalige Gebühren abzüglich Rabatte und Guthaben ²	19,90 €	—	19,99 €	19,99 €	120 € Gutschrift	9,99 €
monatliche Kosten (ohne Rabatte) mindestens	10 / 17,50 / 20 €	14,99 / 19,99 / 24,99 €	6,99 (8,99) €	11,99 (19,99) €	24,99 € ¹	14,99 / 19,99 / 29,99 €

¹ Ermäßigungen bei 24 Monaten Laufzeit

² gerechnet auf 24 Monate Vertragsdauer

³ höhere Datenrate gegen Aufpreis

— nicht vorhanden

✓ vorhanden

muss nicht unbedingt so bleiben. Steigen die Kosten weiter, werden sie irgendwann auf die Endpreise durchschlagen. Jedoch ist der Markt hart umkämpft. Drastische Preiserhöhungen wie bei Strom und Gas sind nicht zu erwarten, eine lange Laufzeit schafft also kaum Kostensicherheit.


Viele Mobilfunkanbieter fahren zweigleisig: Sie bieten weiterhin Zweijahrestarife an, aber parallel dazu auch eine Variante ohne Vertragslaufzeit, die sich monatlich kündigen lässt. Diese muss der Kunde aber explizit auswählen, beispielsweise indem er im Menü der Website Tarife ohne Laufzeit (oft als „Flex“ bezeichnet) wählt oder bei den Tarifen einen Umschalter oder Button wählt. Schauen Sie auch in diesem Punkt genau hin, wenn Sie einen Mobilfunkvertrag schließen. Wenn unterschiedliche Angebote existieren, gibt es für jede Variante auch ein eigenes Produktinformationsblatt, auf dem mindestens Laufzeit, Preis und Datenrate vermerkt sein müssen. Prüfen Sie vor dem Abschluss nochmals, ob Sie wirklich die richtige Variante gewählt haben, die Verwechslungsgefahr ist hoch, da die Konditionen zwischen den unterschiedlichen Laufzeitvarianten meist nur im Detail abweichen.

Die Rufnummer mitzunehmen, ist bei Mobilfunkverträgen sehr komfortabel gelöst. Wenn Sie einen neuen Vertrag schließen, können Sie die Rufnummer auf Wunsch sogar sofort übernehmen. Der Altvertrag erhält dann eine neue Rufnummer. Wollen Sie diesen beenden, müssen Sie ihn explizit kündigen. Eine Rufnummernmitnahme ist keine Vertragskündigung. Nur Prepaidanbieter beenden den Vertrag in aller Regel, wenn man die Rufnummer portiert. Die Rufnummernportierung ist grundsätzlich kostenfrei. Wenn etwas schiefgeht, kann sie sogar bis zu vier Wochen nach Vertragsende erfolgen, darauf verlassen sollten Sie sich nicht.

Ein Punkt ist dabei besonders wichtig: Sie müssen beim alten Anbieter eine Freigabe der Nummer zur Portierung erwirken, bevor Sie den Vertrag mit dem neuen Anbieter schließen. Wenn dem alten Anbieter keine Nachricht von Ihnen vorliegt, wird er die Portierung grundsätzlich ablehnen. Wichtig ist auch, dass die Vertragsdaten von altem und neuem Anbieter übereinstimmen. Hat ihr alter Anbieter beispielsweise noch eine alte Adresse von Ihnen, sollten Sie diese unbedingt erst berichtigen, bevor Sie Portierung und Neuvertrag angehen.

Der Wechsel innerhalb eines Anbieters oder einer Anbietergruppe ist manchmal problematischer: Dann kann es passieren, dass die Portierung abgelehnt wird, mitunter mit der expliziten Begründung, dass eine Portierung intern nicht möglich sei. Wenn der Kundenservice das Problem nicht lösen kann oder will, bleibt als letzter Ausweg, einen temporären Vertrag bei einem anderen Anbieter zu schließen, die Nummer dorthin zu transferieren und anschließend von dort zum gewünschten Vertrag.

Fazit

Es gilt weiter die alte Bauernregel: Im Mobilfunkmarkt lohnt sich ein sorgfältiger Preisvergleich. Mit einem Anbieter- oder Vertragswechsel lassen sich leicht 100 oder mehr Euro pro Jahr einsparen, ohne dass man dafür weniger Leistung erhielte. Gerade wenn Sie Ihren Vertrag länger nicht angefasst haben, birgt er vermutlich viel Potenzial für eine Optimierung. Dann können Sie mehr Datenvolumen und Tempo für weniger Geld erhalten. (uma@ct.de) 

Literatur

- [1] Andrijan Möcker, Freiheit zum Einstecken, Nachrüst-eSIM für Smartphones & Co., c't 3/2023, S. 70

Telekom	Telekom	Vodafone	WinSIM	WinSIM	Yourfone	Yourfone
fraenk	MagentaMobil Special M	GigaMobil XS	LTE All 3+2 (10+2)	LTE All 10+8 (50) GB	LTE 2 (6) GB	LTE 10 (20) GB
fraenk.de	telekom.de	vodafone.de	winsim.de	winsim.de	yourfone.de	yourfone.de
Telekom / LTE	Telekom / LTE	Vodafone / 5G	02 / LTE	02 / LTE	02 / LTE	02 / LTE
5 GByte/Monat	5 GByte/Monat, inkl. Hotspot-Flat	5 GByte/Monat	5 (12) GByte/Monat	18 (50) GByte/Monat	2 (6) GByte/Monat	10 (20) GByte/Monat
25 / 10 Mbit/s	50 / 10 Mbit/s	500 / 100 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s ³	50 / 32 Mbit/s ³
32 / 32 kbit/s	64 / 16 kbit/s	32 / 32 kbit/s, Datenautomatik, fallweise deaktivierbar	16 / 16 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	16 / 16 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
–	–	–	–	–	–	–
✓	✓	–	–	–	–	–
–	bis zu 7 weitere SIM für je 4,95 €/Monat	2 weitere SIM je 39,99 € einmalig, 5 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10 €	29,95 €	9,90 €	14,95 €	14,95 €	14,95 €	14,95 €
–	–	20 €, nur bei Vertragsschluss im Shop	–	–	19,99 €	19,99 €
1 Monat / 14 Tage	24 / 1 Monate	24 / 1 Monate	1 / 1 Monate	1 / 1 Monate	24 / 1 Monate, in den ersten 30 Tagen fristlos kündbar	24 / 1 Monate, in den ersten 30 Tagen fristlos kündbar
–	39,95 €	–	19,99 €	19,99 €	30,01 (42,01) € Gutschrift	90,01 € Gutschrift
10 €	24,95 €	29,99 €	5,55 (9,99) €	11,11 (24,99) €	9,99 (12,99) €	19,99 (24,99) €



Bild: KI Midjourney | Bearbeitung ct

Mach mir die Sätze schön

DeepL, LanguageTool & Co.: Vier KI-gestützte Textverbesserer

Mit Fehlern bei Rechtschreibung, Grammatik und Zeichensetzung machen künstlich intelligente Schreibassistenten kurzen Prozess. Das ist aber nicht alles: Die Helfer wollen Füllwörter und Wortwiederholungen aufspüren und vermurkste Formulierungen durch stilsichere Alternativen ersetzen. Wir haben vier Programme getestet und festgestellt: Das klappt oft, aber nicht immer.

Von Dorothee Wiegand

Es herrscht gähnende Leere im Editorfenster, im Kopf kreisen die immer gleichen Formulierungen, mal tippt man eine davon verzweifelt ein – nur um sie gleich wieder zu löschen. Von Schülern über Studenten bis zu Journalisten und Wissenschaftlern kennt sicherlich jeder solch quälende Momente, in denen der Text einfach nicht fließen mag. Sogenannte Schreibassistenten wollen bei Blockaden dieser Art helfen. Sie spüren schwurbelige Bandwurmsätze, Füllwörter und falsche Bezüge in Texten auf und formulieren dann elegant und leicht verständlich das, was der Anwender eigentlich sagen wollte. Soweit die Theorie.

Für diesen Test haben wir uns auf die Suche nach KI-gestützten Schreibassis-

tenten mit Deutschkenntnissen gemacht. Noch gibt es davon nicht sehr viele, denn der Markt für Programme, die englische Texte bearbeiten, ist wesentlich größer – nicht nur, weil sehr viele Menschen Englisch als Muttersprache sprechen, sondern auch, weil sehr viele Texte auf Englisch erstellt werden und gerade Nicht-Muttersprachler auf die Hilfe von Schreibassistenten setzen. Vermutlich werden bald weitere Angebote für deutsche Texte hinzukommen. Das auf Englisch spezialisierte ProWritingAid beispielsweise versteht offenbar schon Deutsch, spricht es aber noch nicht. Ein testweise installiertes Browser-Add-in dieses Schreibassistenten stürzte sich auch auf deutsche Texteingaben aller Art

und lieferte Formulierungsalternativen – allerdings auf Englisch.

Wer spricht hier Deutsch?

Folgende Programme haben wir uns näher angesehen: DeepL Write, LanguageTool, Rytr und TextCortex. Das Kölner Unternehmen DeepL ist bekannt für seinen Übersetzer. Der Schreibassistent namens Write befindet sich noch im Beta-Stadium, überzeugte im Test aber bereits mit sehr guten Ergebnissen. LanguageTool startete 2003 als Open-Source-Projekt; der Quelltext ist auf GitHub verfügbar. Ursprünglich arbeitete das System rein regelbasiert, aber in der kostenpflichtigen Premiumversion kommt seit einigen Jahren auch KI zum Einsatz. Beide Anbieter verwenden ihr eigenes KI-Sprachmodell für die Programme.

TextCortex stammt vom gleichnamigen Berliner Start-up. Unsere Anfrage, welches Sprachmodell für die Software genutzt wird, blieb leider unbeantwortet. Wir fragten daher den Chatbot des Anbieters danach, seine Antwort: „TextCortex verwendet ein transformatorbasiertes Sprachmodell namens GPT-2. Es wurde mit großen Datensätzen von Internettexten trainiert und kann so beim Umschrei-

ben von Inhalten auf der TextCortex-Website natürlich klingende Texte erzeugen.“

Rytr verwendet laut Beschreibung auf der Website GPT-3 von OpenAI als Sprachmodell. Leider gibt die Website darüber hinaus kaum Informationen zum Anbieter oder zur Art und Weise, in der Nutzereingaben bearbeitet, verwendet und gespeichert werden. Rytr ist kein reiner Schreibassistent. Die Software fällt in die im englischsprachigen Raum verbreitete Kategorie „AI Copywriting“. Wir haben uns beim Testen auf die Umformulierungskünste dieses Programms konzentriert und nicht mit den Funktionen befasst, die Texte komplett automatisch generieren.

Das klassische Szenario beim „AI Copywriting“ sieht so aus: Der Anwender gibt ein paar inhaltliche Stichpunkte vor und wählt als Texttyp etwa „E-Mail“, „Blogbeitrag“ oder „Stellenbeschreibung“ und schon spuckt das Programm Texte in beliebiger Länge aus. Programme dieser Art verstehen sich auf suchmaschinenoptimierte Formulierungen und solche, die Emotionen erzeugen. Sie produzieren schnell mal ein Feuerwerk an Marketing-Worthülsen. Für literarische, journalistische oder wissenschaftliche Texte sind sie weniger geeignet.

Außen vor blieben auch Korrekturwerkzeuge, die Tippfehler beseitigen, fehlende Kommata ersetzen und Synonyme für einzelne Wörter vorschlagen, jedoch nicht KI-gestützt ganze Sätze oder gar Absätze neu formulieren. Das bekannteste Programm dieser Art für die deutsche Sprache ist wohl Duden Mentor. Der Funktionsumfang der Schreibassistenten beziehungsweise deren Eingriffe in Texte reichen deutlich weiter als bei einem Korrekturprogramm.

Wir haben uns auf KI-gestützte Schreibassistenten als Standalone-Anwendungen beschränkt. Zukünftig werden Anbieter von Schreib- und Produktivprogrammen Helfer dieser Art vermehrt in ihre Produkte einbauen. Eine der ersten ist die Notiz-App Notion. Der Anbieter hat gerade „Notion AI“ herausgebracht, einen kostenpflichtigen, in die App integrierten Schreibassistenten, der als Sprachmodell GPT-3 verwendet. Nutzer der kostenlosen Variante der App dürfen in die neue Funktion hineinschnuppern: Die ersten 20 Umformulierungen sind gratis. Wer den Schreibhelfer dauerhaft innerhalb von Notion nutzen möchte, benötigt einen Plus-Plan von Notion für 8 US-Dollar pro Monat.

Testsätze: Von frechen Hunden und orangener Gelatine

Einige der Sätze, mit denen sich die Schreibassistenten im Test befassen mussten, stammen aus der freien Wildbahn des Internets. Sie waren uns aufgrund ihrer leicht verschwurbelten Formulierungen oder kleiner Fehler aufgefallen. „Mit diesen Tools ist es mittlerweile möglich per KI Texte zu schreiben, die sich nicht von Menschen geschriebenen mehr unterscheiden lassen!“ inklusive Kommafehler ist so ein Beispiel. Das „mittlerweile“ macht den Satz schwerfällig, die Formulierung „per KI“ ist unglücklich und in der zweiten Hälfte des Satzes fehlt ein „von“. Die Reihenfolge der Wörter ist ebenfalls nicht optimal.

Andere Testsätze haben wir im Hinblick auf typische Sprachsünden selbst formuliert, um herauszufinden, wie die Sprachassistenten mit langweiligen Adjektiven oder mehrfach verschachtelten Relativsätzen umgehen. Eine zweifellos fiese Herausforderung lautete „Der Mann, der die Frau, die mit dem Hund, der die

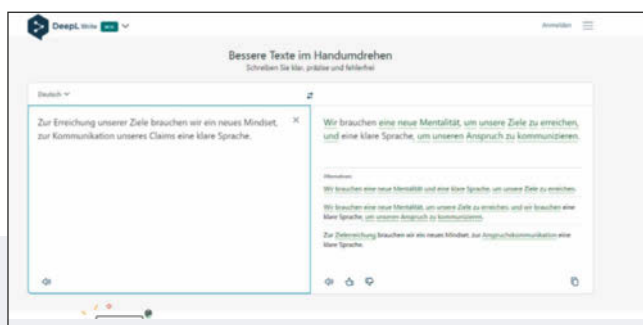
Katze jagte, schimpfte, sah, verschwand in der Nebenstraße.“ Was die Testkandidaten von substantivierten Verben und Anglizismen halten, konnten sie beim Satz „Zur Erreichung unserer Ziele brauchen wir ein neues Mindset, zur Kommunikation unseres Claims eine klare Sprache.“ zeigen.

Passivkonstruktionen sind häufig unschön. Der Testsatz zu diesem Thema lautete: „Die Zahlen wurden durch unabhängige Experten geprüft und dann für die Statistik verwendet. Daraus entstand der Bericht, der in nur zwei Wochen geschrieben wurde. Er wurde gestern von der Kommission veröffentlicht.“ Immerhin in zwei Fällen bekamen die Schreibassistenten Informationen, wer handelt: Die Experten prüften, die Kommission veröffentlichte. Mit diesen Angaben, so unsere Hoffnung, hätten sie aktiv formulierte Alternativen finden können. Das klappte im Test nur selten.

Ein paar klassische Deutschfehler verpackten wir in Sätze wie „Wenn die Gelan-

tine eingerührt wurde, muss das Ganze für 10 Minuten indem Topf kochen. Das alles fertig ist, erkennt man an der orangenen Farbe.“ Als Mindestleistung erwarteten wir diese Korrekturen: Eine sinnvolle Zeitform am Anfang, Gelatine ohne n, „10 Minuten kochen“ ohne „für“, „in dem“ anstelle von „indem“, „dass“ mit Doppel-s und „orangen“ statt „orangenen“. Ausgerechnet dieser Satz inspirierte die Kandidaten zu ganz unterschiedlichen, teils hervorragenden Korrekturen.

Einen Testsatz präparierten wir mit Steuerzeichen (weicher Zeilenumbruch, optionale Trennung), um zu prüfen, ob diese beim Bearbeiten stören. Ein anderer enthielt direkte Rede in Anführungszeichen, die selbstverständlich nicht korrigiert, sondern als Originalzitat erhalten bleiben sollte. Schließlich forderte der Satz „Die LehrerInnen lernten in dem Workshop, Schülerinnen und Schüler für MINT-Fächer zu begeistern.“ die Kandidaten zum Gendern heraus.



DeepL Write

Die Oberfläche der Webanwendung ist zweigeteilt: Links fügt man eigenen Text ein, Sekunden später erscheint rechts die überarbeitete Version. Änderungen gegenüber dem Original unterstreicht der Assistent im rechten Fenster grün. Ein Klick darauf blendet eine oft lange Liste von Alternativen ein – wahlweise in Form von Synonymen für einzelne Wörter oder als neu formulierte Sätze. Praktisch: Gleichzeitig erscheint eine Art Rückgängig-Schaltfläche mit gebogenem Pfeil, über die man jeden Vorschlag für den aktuellen Satz einzeln ablehnen kann. So lassen sich alle Vorschläge zügig, aber gründlich durchgehen und entweder übernehmen oder verwerfen.

Im Test zeigte sich DeepL Write oft eloquent und berücksichtigte beim Korrigieren auch Bezüge zu vorhergehenden Sätzen. Die beiden Testsätze „Wenn die Gelatine eingerührt wurde, muss das Ganze für 10 Minuten in dem Topf kochen. Das alles fertig ist, erkennt man an der orangenen Farbe.“ parierte das Programm perfekt mit „Nach dem Einrühren der Gelatine muss alles 10 Minuten gekocht werden. Das Ende der Kochzeit ist an der orangenen Farbe zu erkennen.“

Lediglich Passivkonstruktionen und substantivierte Verben ließ DeepL Write fast unverändert. Steuerzeichen brachten das Programm ins Schleudern – erst nachdem wir die Zeichen entfernt hatten, gelang die Korrektur. Die wörtliche Rede innerhalb der Anführungszeichen änderte der Assistent ungerührt. Ein Glossar für individuelle Schreibweisen lässt sich bei diesem Programm nicht anlegen.

DeepL Write darf man ohne Anmeldung kostenlos ausprobieren. Dann bearbeitet der Schreibassistent allerdings nur die ersten 2000 Zeichen eines Textes. Wer sich anmeldet, kann 5000 Zeichen in einem Rutsch bearbeiten. Die Gesamtzahl der Zeichen ist nicht begrenzt. Über einen kostenlosen Account eingegebene Texte nutzt der Hersteller, um seine KI zu trainieren. Wer das nicht möchte, muss einen Pro-Account abschließen. Dann löscht DeepL vom Nutzer eingegebene Texte nach der Bearbeitung. Laut Hersteller läuft DeepL Write auf Servern in Finnland und genügt den Anforderungen der DSGVO.

- 👆 präzise Korrekturen
- 👆 sinnvolle Umformulierungen
- 👆 kostenlose Version kaum eingeschränkt

Preis: kostenlos, Pro-Account ab 7,50 Euro/Monat



LanguageTool

Nach Aufruf der Seite languagetool.org erscheint ein Eingabefenster mit dem Angebot, Texte auf Rechtschreibung und Zeichensetzung zu prüfen. Ein Klick auf ein bemängeltes Wort blendet eine Erklärung zum Fehler ein und ein weiterer Klick auf eine der gezeigten Alternativen ersetzt den markierten Ausdruck. Nach einem Doppelklick auf ein beliebiges Wort präsentiert LanguageTool dazu Synonyme.

Rechts neben dem Textfenster, oberhalb der Anmerkungen, wechselt man über zwei Reiter zwischen dem voreingestellten Korrigieren- und dem Umformulieren-Modus. Die kostenlose Version formuliert nur drei Sätze pro Tag um. Ein Premium-Account verarbeitet unbegrenzt viele Sätze und enthält den sogenannten „akribischen Modus“, in dem das Programm erweiterte Stilvorschläge macht. Mit dieser Variante lassen sich täglich bis zu 150.000 Zeichen prüfen.

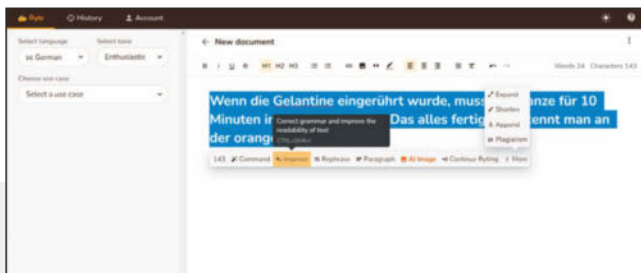
Premium-Nutzer haben außerdem Zugang zum Editor von LanguageTool, dessen geräumiges Arbeitsfenster mehr Text aufnimmt und ablenkungsfreies Texten fördern soll. Außerdem gibt LanguageTool im Editor mehr Feedback zu den Nutzereingaben. Ein „Textscore“ zwischen 0 (lausig) und 100 (perfekt) bewertet die Textqualität. Unterhalb des Scores kann man den „Picky Mode“ zuschalten. In diesem Modus liefert LanguageTool laut Programmhilfe zusätzliche Stil- und Ausdruckverbesserungen, spürt überlange Sätze, Umgangssprache und Redundanzen auf und schlägt Synonyme für allzu oft verwendete Wörter vor. Für unseren Test haben wir diese Option gewählt.

Im Test patzte LanguageTool ziemlich oft mit sinnentstellenden, manchmal gestelzten oder sogar grammatikalisch falschen Vorschlägen. Störend fiel auf, dass der Korrigieren- und der Umformulieren-Modus weitgehend unabhängig voneinander arbeiten. So findet LanguageTool zwar im Korrigieren-Modus Fehler wie „Terasse“, „Millionen“ oder „Gelatine“, verwendet diese falschen Schreibweisen jedoch im Umformulieren-Modus für seine Alternativvorschläge.

LanguageTool bringt Add-ins für alle gängigen Browser und viele Officeprogramme und Mailclients mit. Außerdem gibt es Apps für Windows, macOS und iOS.

- 👆 erklärt Fehler
- 👆 viele Apps und Add-ins
- 👇 oft unbrauchbare Vorschläge

Preis: kostenlos, Premiumversion 25 Euro/Monat oder 70 Euro/Jahr



Rytr

Bevor es losgehen kann, muss man sich registrieren, was mit einem Google-, Facebook- oder LinkedIn-Account oder Angabe einer E-Mail-Adresse möglich ist.

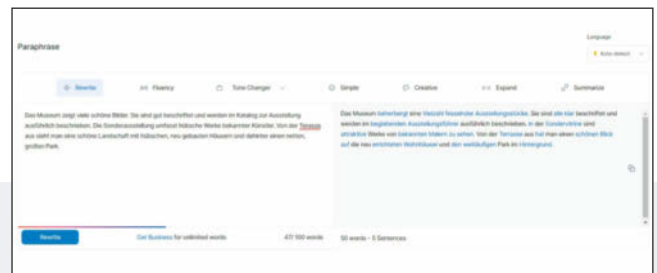
Rytr ist ein Copywriter, der selbst textet; der Schwerpunkt liegt auf Marketing und SEO. Das Programm kann aber auch Texte verbessern – sowohl eigene Kreationen als auch Eingaben des Nutzers. Dazu ignoriert man in der englischsprachigen Bedienoberfläche den Bereich links, in dem Rytr nach Zweck und Thema eines gewünschten Textes fragt, und tippt oder kopiert eigene Inhalte in das Editorfenster.

Unter dem Text erscheint eine Menüleiste, in der man unter anderem „Improve“ oder „Rephrase“ wählen kann. Beide Optionen stehen bei kostenloser Nutzung für Texte zwischen 30 und 300 Zeichen zur Verfügung. Getestet haben wir die „Improve“-Funktion; die „Rephrase“-Funktion liefert oft ähnliche Ergebnisse, aber manchmal auch komplett unterschiedliche. Beim Testsatz „Der Mann, der die Frau, die mit dem Hund, der die Katze jagte, schimpfte, sah, verschwand in der Nebenstraße.“ gab es große Unterschiede. Nach Klick auf „Improve“ machte Rytr daraus: „Als der Mann sah, dass die Frau den Hund schimpfte, weil er die Katze gejagt hatte, verschwand er schnell in der Seitenstraße.“ Die Rephrase-Funktion produzierte: „Der Typ beobachtete, wie das Küken den Welpen anbrüllte, der das Kätzchen jagte, als er schnell um die Ecke tauchte.“ Ergebnisse dieser Art legen nahe, dass Rytr beim Umformulieren den Umweg über englische Zwischenversionen der Texte geht.

Auf der Website des Anbieters haben wir kein Impressum gefunden, laut LinkedIn-Profil handelt es sich um ein US-amerikanisches Unternehmen. Für den Einsatz im Unternehmen und anderen sensiblen Bereichen bietet sich Rytr im Hinblick auf den Datenschutz nicht an. Aufgrund der vielen Möglichkeiten, etwa Texte zu kürzen, zu verlängern oder den Tonfall zu ändern, erwies sich das Programm im Test jedoch als interessantes Experimentierfeld, das mal mit erstaunlich guten, mal mit extrem unterhaltsamen Vorschlägen verblüffte.

- ↑ sehr viele Optionen
- ↓ überschreibt Originaltext
- ↓ unklar, wo Texte gespeichert werden

Preis: kostenlos, „Saver“-Konto 9 US-Dollar/Monat



TextCortex

Zur kostenlosen Nutzung von TextCortex muss man sich registrieren. Das ist mit einem Google- oder Discord-Account oder nach Angabe einer E-Mail-Adresse möglich. Zum Verbessern vorhandener Texte dient das Paraphrasierungstool, das man auf der Startwebsite textcortex.com unter Ressourcen als „Kostenloses Tool zum Umschreiben“ findet. Die Wahl der Sprache ist zwar ein Premium-Feature, aber wenn man das dafür zuständige Drop-down-Menü auf der Voreinstellung „Auto-detect“ belässt und in die linke Hälfte des Fensters deutschen Text eingibt, erkennt das Programm die Sprache automatisch.

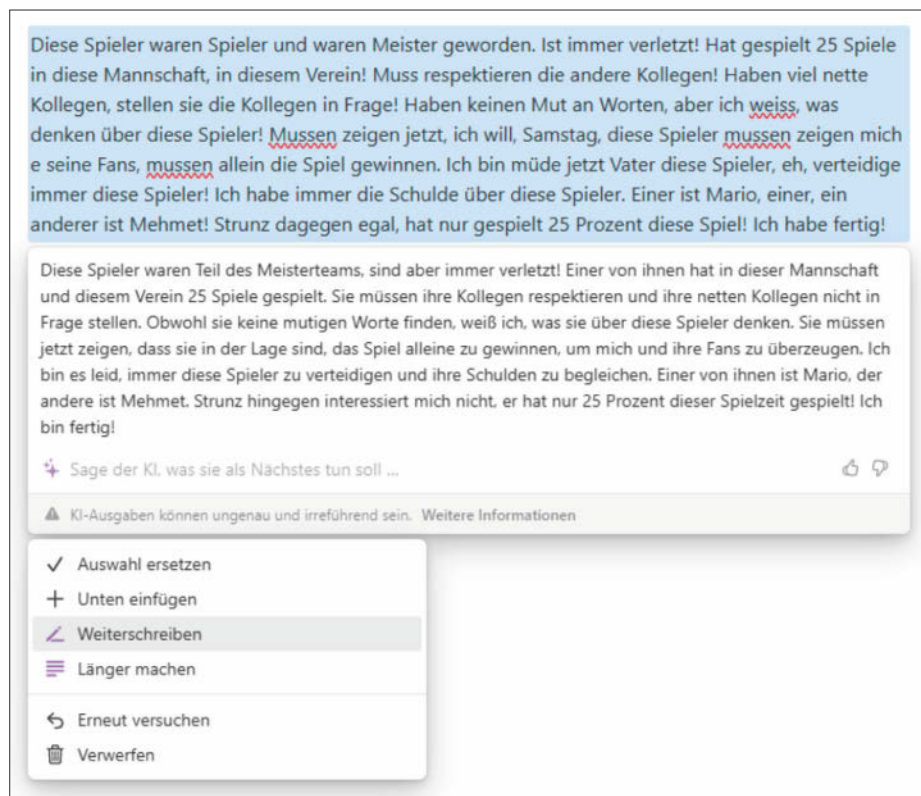
TextCortex leistete sich im Test nur wenige Schnitzer. Beim Testsatz mit der wörtlichen Rede verwandelte das Programm diese im Rewrite-Modus geschickt in indirekte Rede, allerdings ohne den dafür nötigen Konjunktiv I zu verwenden. Aus der Kombi Manager-Sprech plus substantiviertes Verb in „Zur Erreichung unserer Ziele brauchen wir ein neues Mindset“ wurde ein sehr gefälliges „Wir müssen anders denken, um unsere Ziele zu erreichen“ und das stolperträchtige „LehrerInnen“ änderte TextCortex zu „Lehrkräfte“. Lediglich der Testsatz mit Steuerzeichen brachte das Programm so durcheinander, dass es eine englische Neufassung vorschlug.

In der kostenlosen Version ist man auf zehn Durchgänge mit je maximal 100 Wörtern pro Tag beschränkt. TextCortex stellt das verbleibende Kontingent unten links neckisch in Form von Münzen dar. Über den Button „Earn more“ neben der Münzanzeige erreicht man eine lange Liste mit Möglichkeiten, das Guthaben aufzustocken: Empfehlungen an Freunde bringen zehn Münzen, eine Bewertung auf einem Softwarevergleichsportal belohnt der Anbieter mit fünf Münzen. Wer ein Video-Testimonial einsendet, erhält einen Monat lang Business-Zugang.

Anbieter des Programms ist das Berliner Unternehmen TextCortex AI. Auf der Website fanden wir keine Angaben dazu, wo die in TextCortex eingegebenen Nutzerdaten verarbeitet und gespeichert werden; eine Anfrage per Mail blieb ohne Antwort.

- ↑ viele Optionen
- ↑ sinnvolle Umformulierungen
- ↓ unklar, wo Texte gespeichert werden

Preis: kostenlos, Pro-Version 20 US-Dollar/Monat



Die Notiz-App Notion nutzt neuerdings das Sprachmodell GPT-3, um Inhalte automatisch umzuformulieren.

Editor plus KI

Schreibassistenten sind im Grunde simple Editoren, in denen im Hintergrund verborgen die KI auf ihren Einsatz wartet. Die meisten bestehen aus einem Eingabe- und einem Ausgabefenster: Links tippt oder kopiert der Nutzer seinen Ausgangstext hinein, anschließend beginnt die KI zu werkeln und nach einigen Sekunden Wartezeit erscheint rechts das Ergebnis. Gerade wenn ein Programm nicht nur einen Formulierungsvorschlag macht, sondern gleich mehrere Textalternativen präsentiert, hilft die Darstellung in zwei getrennten Fenstern, die Übersicht zu behalten. So kann der Anwender Änderungen nachvollziehen und kommt als Verbesserung getarnten Fehlern leichter auf die Schliche. Von den getesteten Programmen beschränkt sich nur Rytr auf ein einzelnes Arbeitsfenster, in dem es den Ausgangstext durch den Alternativvorschlag ersetzt. Das ist unpraktisch und erschwert den Vorher-Nachher-Vergleich erheblich. LanguageTool hat zwar nur ein großes Arbeitsfenster für den Ausgangstext, zeigt die Alternativen aber rechts daneben auf sogenannten Karten an.

Ebenso wie bei normalen Editoren gibt es einige Grundfunktionen, die die

Arbeit sehr erleichtern. Dazu gehört die Möglichkeit, das Eingabefenster mit einem Klick zu leeren. Im Ergebnisfenster, in dem der Anwender häufig mit unterschiedlichen Varianten herumspielt, erleichtert eine Zurück-Schaltfläche das Leben. Praktisch ist auch die Möglichkeit, den geprüften und für gut befundenen Alternativtext mit einem Klick in die Zwischenablage zu übernehmen. Welches Programm mit welchen Knöpfen dient, verrät die Tabelle auf Seite 125.

Ein Wörterbuch oder Glossar ist nützlich, falls in einem Unternehmen Konventionen bei Schreibweisen gelten oder bestimmte Eigennamen häufig in Texten auftauchen. Unter den vier Testkandidaten hat nur LanguageTool ein Wörterbuch zu bieten. Anwender, die damit im Unternehmen arbeiten, benötigen Admin-Rechte, um im Wörterbuch Einträge zu ergänzen. In DeepL Write kann man sich Ausgangstext und/oder Ergebnis von einer synthetischen Stimme vorlesen lassen. Rytr bietet an, Texte darauf zu prüfen, ob es sich um ein Plagiat handelt.

Alle Testkandidaten laufen als Webdienst im Browser. Diese Dienste haben wir uns angesehen. Einige gibt es auch als Add-ins für Browser und Textprogramme

oder als Desktop- sowie Mobilgeräte-Apps. Die Auswahl an Browser-Add-ins haben wir in der Tabelle auf Seite 125 gelistet, aber nicht separat getestet.

Hemmungsloses Korrigieren

Wir haben den Testkandidaten sowohl einzelne Sätze (siehe Kasten) als auch etwas längere Texte vorgesetzt. Sie sollten etwa eine Buchbesprechung aus c't überarbeiten, außerdem die berühmte „Ich habe fertig“-Rede von Giovanni Trapattoni korrigieren. Bei der Durchsicht der Ergebnisse entstand mitunter tatsächlich der Eindruck, man habe es nicht mit automatisch erzeugten Variationen der Testtexte zu tun, sondern mit Vorschlägen eines sprachlich versierten, kreativen Menschen.

Dass das nicht so ist und die Programme das Testmaterial sozusagen ohne Rücksicht auf Verluste nach den gelernten Regeln umformulieren, wurde anhand der deutschen Übersetzung eines Monty-Python-Textes über Weinsorten deutlich. In der für die Comedian-Truppe typischen, drastischen Weise geht es darin um ungenießbare Weine, die nur etwas für „Liebhaber des Erbrennens“ sind. Die Verbesserungsfunktionen aller Testkandidaten variierten dies eifrig und ungerührt („Kotzfreunde“, „Kotz-Fans“, „Liebhaber von Erbroschenem“). An dieser Stelle hätte man von einem menschlichen Bearbeiter erwartet, dass er den Job ablehnt.

Letztlich geht es beim automatischen Umschreiben von Texten immer um Satzstrukturen, Statistik und Wahrscheinlichkeiten. Die Schreibassistenten verstehen Texteingaben nicht in dem Sinn, dass sie eine interne Repräsentation des Inhalts aufbauen – sie gleichen die eingegebenen Wortfolgen lediglich mit zuvor erlernten Wortfolgen ab. Deshalb darf man keine perfekten Ergebnisse in vollendetem Stil erwarten. Alle Testkandidaten werteten Passivkonstruktionen als mehr oder weniger in Ordnung. Das heißt nicht, dass Sätze dieser Art tatsächlich besonders lesbar oder elegant sind, sondern in erster Linie, dass sie im Trainingsmaterial der Schreibassistenten häufig vorkamen.

Keinesfalls empfiehlt es sich, die maschinell erzeugten Textalternativen ungeprüft zu übernehmen. Es kam im Test vor, dass ein Programm eine doppelte Verneinung als einfache missverstand. Zu den beiden Sätzen „Es ist nicht so, dass ich keine Äpfel mag. Mir sind Birnen nur lieber.“ etwa schlug LanguageTool unter anderem die Alternativen „Ich mag Äpfel

nicht.“ und „Ich mag Birnen nur am wenigsten.“ vor. Fairerweise muss gesagt werden: Legt man LanguageTool beide Sätze als einen Satz mit Komma in der Mitte vor, passiert der Fehler nicht.

Fazit

KI-Schreibassistenten leisten Erstaunliches. Ihre Ergebnisse sind zwar nicht fehlerfrei, wirken aber mitunter bemerkenswert kreativ, lesbar und inspirierend. Als Mittel gegen Schreibblockaden eignen sie sich hervorragend. Wann immer man mit einem selbst geschriebenen Text unzufrieden ist, lohnt es sich, ihn einem Schreibassistenten vorzulegen.

Unter den vier in diesem Artikel näher betrachteten Programmen befinden sich allerdings nur zwei echte Schreibassistenten – DeepL Write und LanguageTool. Von diesen beiden überzeugte DeepL Write im Test mit deutlich besseren Ergebnissen. Beide Programme korrigieren Schreibfehler sehr versiert. Beim Formulieren von Textalternativen hat DeepL Write nicht zuletzt deshalb die Nase vorn, weil es den

Zusammenhang zwischen aufeinanderfolgenden Sätzen berücksichtigt.

Rytr und TextCortex lieferten solide, teils sehr gute Ergebnisse ab. Allerdings liegt ihre Stärke darin, Texte beinahe beliebig zu kürzen oder zu verlängern. Insbesondere bei Rytr steht das Texten für Marketingzwecke im Vordergrund. Für journalistisches oder wissenschaftliches Schreiben eignen sich solche Werkzeuge weniger, zumal die Anbieter den Nutzer im Unklaren lassen, wie und wo sie dessen Daten verarbeiten und speichern.

Den aktuellen Stand der Technik demonstrieren alle vier Kandidaten – jeder auf seine Weise. Es ist spannend und unterhaltsam, sie auszuprobieren. Das derzeit noch arg überschaubare Angebot dürfte in den nächsten Monaten wachsen, denn einige der rein englischsprachigen Schreibassistenten werden sicherlich auch Deutsch lernen. Wer Tools dieser Art produktiv nutzen möchte, kommt um eine sorgfältige Kontrolle der automatisch erzeugten Texte nicht herum.

(dwi@ct.de) **ct**

KI-Textassistenten

	DeepL Write	LanguageTool	Rytr	TextCortex
Hersteller	DeepL SE	LanguageTool GmbH	Rytr LLC	TextCortex AI
Website	deepl.com/write	languagetool.org	rytr.me	textcortex.com/de
Beschränkung der kostenlosen Version	2000 Zeichen pro Durchgang	keine KI-Stilprüfung	5000 Zeichen pro Monat	10 Durchgänge mit maximal 100 Wörtern pro Tag
Browser-Add-ins für Chrome / Firefox / Edge / Safari / Opera	- / - / - / - / -	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / - / - / - / -	✓ / - / - / - / -
Bedienfunktionen				
Ausgangstext: formatieren	-	✓	✓	-
Ausgangstext: löschen	✓	-	✓	-
Ergebnis: Änderungen zurücknehmen	✓	✓	✓	-
Ergebnis in Zwischenablage kopieren	✓	✓	-	✓
Historie bearbeiteter Texte anzeigen	-	✓	✓	-
Texte vorlesen	✓	-	-	-
Sprachprüfung und -verbesserung				
getrennte Fenster für Ausgangstext und Ergebnis	✓	-	-	✓
Varianten für Deutschland / Österreich / Schweiz wählbar	✓ / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / - / -	✓ / - / -
Tonfall für Korrektur wählbar	-	-	✓	✓
zeigt mehrere Alternativen für Wörter/Sätze	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	- / -
berücksichtigt Bezüge zwischen Sätzen	✓	-	✓	✓
Wörterbuch	-	✓	-	-
Textscore	-	✓	-	-
Plagiatprüfung	-	-	✓	-
Bewertung				
Handhabung	⊕ ⊕	⊕	○	○
Textkorrektur	⊕	○	⊕	⊕
Preis	Beta aktuell gratis	Premium: 9,50 €/Monat	Saver: 9 US-\$/Monat, Unlimited: 29 US-\$/Monat	Pro: 20 US-\$/Monat, Business: 50 US-\$/Monat
⊕ ⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖ ⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden - nicht vorhanden				

Die volle Ladung



Auch als Heft + PDF
mit 29 % Rabatt

Dieses c't-Sonderheft räumt auf mit Mythen rund ums E-Auto und schafft einen realen Überblick zu Vor- und Nachteilen der E-Mobilität.

- ▶ Leitfaden zum Kauf eines E-Autos
- ▶ Kostenvergleich: Strom vs. Sprit
- ▶ Fahrberichte und Tests
- ▶ Den Akku richtig nutzen und laden
- ▶ Überschussladen – Strom aus Photovoltaik nutzen
- ▶ Auch als Bundle mit Buch „E-Autos einfach erklärt“ vom dpunkt-Verlag erhältlich!

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-eautos22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

Zahlen, Daten, Fakten

Mobile Apps

Die Corona-Jahre haben den Markt für mobile Apps kräftig angekurbelt. Laut dem Berliner Beratungsunternehmen Research2Guidance war der Umsatz mit Mobil-Apps 2021 in Deutschland mit 3,06 Milliarden Euro fast doppelt so hoch wie 2019; für 2022 rechnen die Experten mit einem Anstieg auf 3,43 Milliarden Euro. Diese Zahlen schließen auch Spiele mit

ein. Am meisten Umsatz machen die Anbieter demnach mit In-App-Käufen.

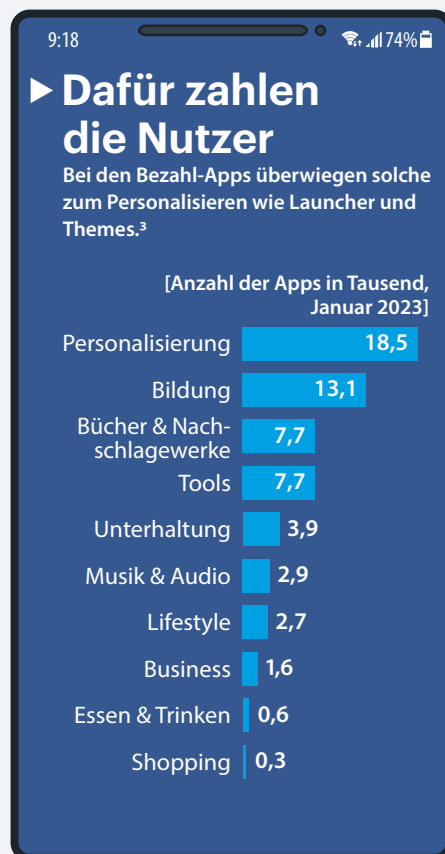
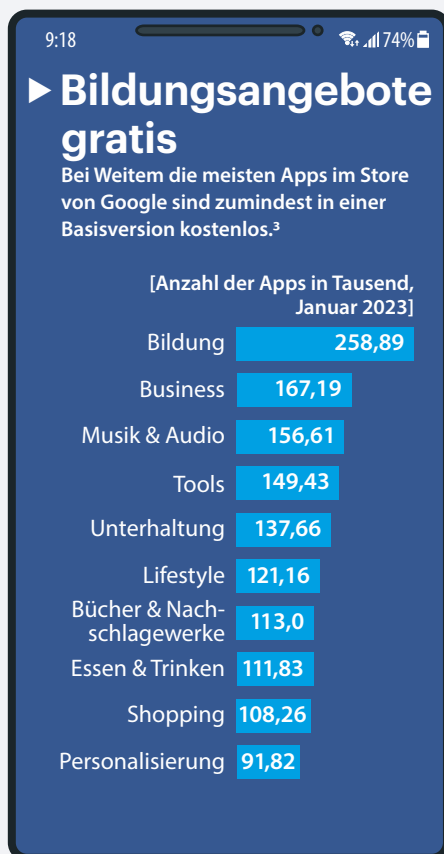
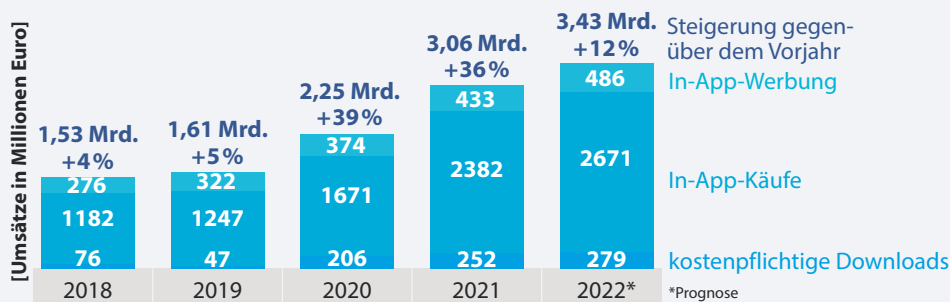
Social-Media-Apps waren bisher in der Regel kostenlos; Twitter und Meta versuchen gerade, das zu ändern. Ihre Downloadzahlen zeigen Trends auf. TikTok eroberte 2022 rund 600 Millionen Mobilgeräte, berichtet das New Yorker Unternehmen Appfigures. Hinzu kamen 41

Millionen Installationen von TikToks Videoschnitt-App CapCut allein im Dezember 2022.

Apps gehören so selbstverständlich zum Alltag, dass die damit verbundenen Risiken leicht übersehen werden. Doch die sind hoch: 2022 verstießen laut dem Softwarehersteller Appvisory 71 Prozent aller Apps gegen die DSGVO. (dwi@ct.de) **ct**

► Wirtschaftsfaktor In-App-Käufe

App-Anbieter locken mit kostenlosen Schnupperversionen. In-App-Käufe für Werbefreiheit und mehr Funktionen generieren den größten Teil des Umsatzes.¹



► Überflieger TikTok

Aus beiden großen Stores werden die Social-Media-App TikTok und das dazugehörige Schnittprogramm CapCut aktuell häufig heruntergeladen.⁴

[Downloads von Apps (ohne Spiele-Apps) in Millionen, Dezember 2022]

Platz	Apple App Store	Millionen	Google Play	Millionen	zusammen	Millionen
1	TikTok	16	Instagram	36	TikTok	47
2	CapCut	15	Facebook	31	Instagram	46
3	Google	11	TikTok	31	CapCut	41
4	Instagram	10	CapCut	27	Facebook	38
5	YouTube	9	WhatsApp	22	WhatsApp	31
6	Lensa AI	9	Google Docs	20	Snapchat	25
7	Google Maps	9	Google Sheets	19	Telegram	24
8	WhatsApp	8	Snapchat	19	Messenger	23
9	Gmail	8	Telegram	18	Google Docs	22
10	Telegram	7	Microsoft 365 (Office)	18	Google Sheets	22

9:18 74%

► Apps als Zeitfresser

Fünf Stunden und mehr beschäftigen sich Nutzer in Indonesien, Brasilien und Südkorea durchschnittlich mit ihren Apps.⁵

[Stunden/Tag, 3. Quartal 2021]

Indonesien	5,5
Brasilien	5,4
Südkorea	5,0
Indien	4,8
Mexiko	4,8
Japan	4,8
Kanada	4,4
Russland	4,3
USA	4,2
Türkei	4,2
Australien	4,1
Vereinigtes Königreich	4,0
Argentinien	3,6
Frankreich	3,6
Deutschland	3,3
China	3,2

9:18 74%

► Apps als Sicherheitsrisiko

71 Prozent aller Apps verstoßen nach Einschätzung der Sicherheitsexperten von Appvisory aktuell gegen die DSGVO.⁶



[Prozentanteil aller ... 2022]

erheben und verarbeiten Nutzerdaten



iOS-Apps Android-Apps

54% 64%

nutzen Trackingdienste

80% 84%

nutzen keine oder nur eingeschränkte Verschlüsselung

76% 37%

bauen mindestens eine Verbindung in ein Nicht-EU-Land auf

99% 73%

9:18 74%

► Apps als Datenkrake

Klar: Eine Foto-App braucht Zugriff auf Fotos. Doch viele Apps verlangen weit mehr Zugriffe als nötig.⁶



[Zugriffe, in Prozent aller Apps, 2022]



Galerie

iOS-Apps Android-Apps

57% 66%



Standort

50% 58%



Kamera

52% 29%



Mikrofon

28% 14%



Kalender

26% 4%



Kontakte

16% 5%

Spät dran

Single Digital Gateway: Warum Deutschland bald die nächste Digitalisierungsfrist reißt

Onlinedienste für alle EU-Bürger, automatischer Austausch von Nachweisen – bis Mitte Dezember müssen alle EU-Länder ehrgeizige Digitalisierungsziele erreichen. Spoiler: Deutschland hinkt mal wieder weit hinterher.

Von Christian Wölbert

Ein wichtiges Etappenziel zur Digitalisierung der Verwaltung hat Deutschland neulich verfehlt: Laut Onlinezugangsgesetz (OZG) mussten die Behörden bis Ende Dezember rund 580 Onlinedienste bereitstellen – für Bauanträge, Elterngeld, Wohnsitzummeldung & Co. Doch zum Stichtag waren gerade einmal rund 100 Leistungen flächendeckend online.

Bald läuft für die Behörden die nächste Frist ab, gesetzt von Brüssel statt Berlin: Bis zum 12. Dezember 2023 müssen sie die Single-Digital-Gateway-Verordnung (SDG) der EU umsetzen. Das im Oktober 2018 erlassene Gesetz ist außerhalb von Verwaltungskreisen bislang kaum bekannt, es verlangt aber ehrgeizige Digitalisierungsschritte. Und anders als beim OZG kann die Nichteinhaltung sanktioniert werden: Die EU-Kommission könnte ein Vertragsverletzungsverfahren einleiten und am Ende auch Geldstrafen verhängen.

Berlin handelte längere Frist aus

Ursprünglich wollte die Kommission den Mitgliedsstaaten sogar nur zwei Jahre Zeit für die Umsetzung der SDG-Verordnung lassen. Die Bundesregierung setzte sich in den Verhandlungen mit der Kommission und den anderen Staaten aber erfolgreich für eine fünfjährige Frist ein.

Die erste wichtige Vorgabe findet sich in Artikel 6 der Verordnung: Jeder Mit-

gliedsstaat muss bis zum Stichtag im Dezember 21 Verwaltungsleistungen online anbieten, und zwar für alle EU-Bürger und Unternehmen (siehe Tabelle auf S. 129). So soll zum Beispiel ein französischer Staatsbürger seinen Wohnsitz innerhalb Deutschlands online ummelden können oder ein Deutscher in Frankreich online ein Gewerbe registrieren können. Auf der Website „Your Europe“ sammelt die EU-Kommission Links zu den Onlinediensten der Mitgliedsstaaten, damit jeder EU-Bürger diese unabhängig von seinen Sprachkenntnissen findet.

Da die EU die 21 Pflichtverfahren relativ schwammig definiert, können sich dahinter je nach Mitgliedsstaat deutlich mehr Verwaltungsaufgaben verbergen. Deutschland zum Beispiel muss laut der „OZG-Informationsplattform“ der Bundesregierung 43 OZG-Leistungsbündel digitalisieren, um Artikel 6 der SDG-Verordnung zu erfüllen. In diesen 43 Bündeln stecken insgesamt 328 Leistungen aus dem „Leistungskatalog der öffent-

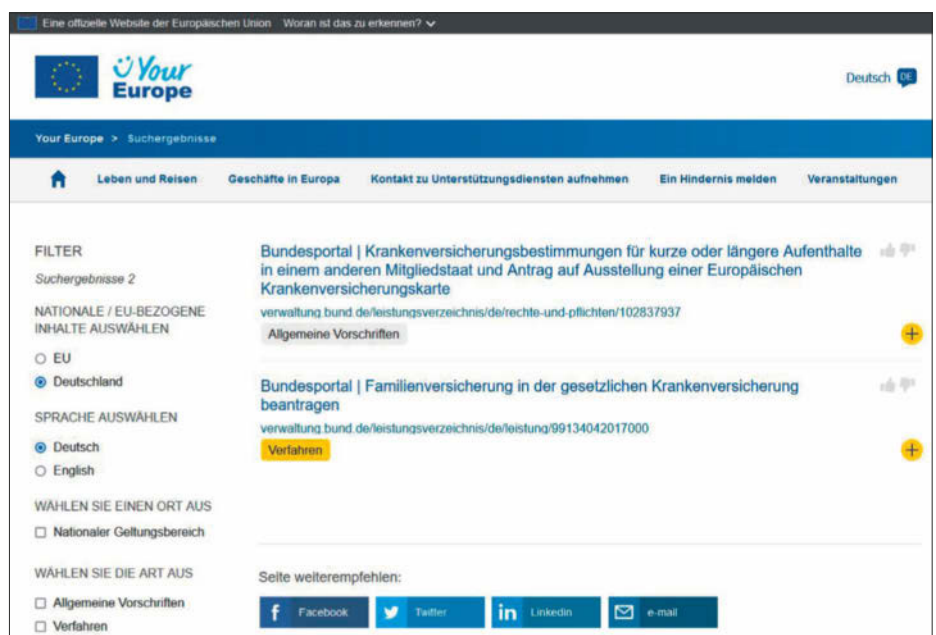
lichen Verwaltung“, der einzelne Prozesse definiert wie „Jahresmeldung zur Sozialversicherung Entgegennahme“.

Für Digitalisierungsvorreiter wie Dänemark, Finnland, Estland oder Österreich stellt Artikel 6 kaum eine Hürde dar. Deutschland wird die Liste bis Dezember jedoch definitiv nicht vollständig abarbeiten. Selbst die betroffenen Bundesbehörden werden nach einer Einschätzung des Bundesinnenministeriums (BMI) nicht rechtzeitig fertig. Bei „relevanten Bundesleistungen“ werde „ein Großteil der Anforderungen“ bis Dezember umgesetzt, sagte eine BMI-Sprecherin gegenüber c’t.

Wenig Durchblick, wenig Ehrgeiz

Eine Reihe von SDG-Leistungen fällt in die Zuständigkeit der Länder und Kommunen, wo die Digitalisierung noch viel zäher voranschreitet als beim Bund. Zum Beispiel muss man in Deutschland fast überall persönlich zum Amt, um seinen Wohnsitz umzumelden. Hamburg führte im September einen Onlinedienst für die Ummeldung ein, doch es dürften noch einige Jahre ins Land gehen, bis die vielen Tausend anderen Kommunen den Dienst adaptiert haben. Auch die Kfz-Zulassung, die Gewerbebeantragung und Registerauskünfte sind in Deutschland noch nicht flächendeckend übers Internet möglich [1].

Wie weit die Kommunen bei der SDG-Umsetzung genau sind, lässt sich kaum sagen, denn die Bundesregierung erfasst



Im Portal „Your Europe“ verlinkt die EU-Kommission die Onlinedienste, die Mitgliedsstaaten europaweit anbieten müssen.

das nicht. „Inwieweit die relevanten föderalen Leistungen bis Ende 2023 flächendeckend online bereitgestellt werden können, ist momentan nicht zu sagen“, teilte das BMI mit. Hannes Kühn, Leiter des Sekretariats des Nationalen Normenkontrollrats (NKR), kritisiert diese mangelnde Transparenz: „Was man nicht misst, kann man nicht steuern.“

Bundesregierung und die Bundesländer wirkten zumindest bislang nicht bemüht, die SDG-relevanten Verwaltungsleistungen schneller zu digitalisieren als andere. Im Mai 2022 vereinbarten Bund und Länder die Priorisierung von 35 OZG-Leistungen. Auf der Liste fehlen diverse SDG-Leistungen, dafür sind Dinge wie die Waffenscheinerteilung und die Genehmigung der Ausfuhr von Kulturgütern enthalten. „Es ist verwunderlich, dass die SDG-Leistungen keine stärkere Rolle bei der Priorisierung gespielt haben“, sagt der E-Government-Experte Kühn.

Lasst die Daten laufen

Artikel 14 der SDG-Verordnung stellt den Behörden eine weitere, noch anspruchsvollere Aufgabe: Ab dem 12. Dezember müssen sie zur Abwicklung der 21 Verfahren automatisiert Nachweise an Behörden aus anderen Mitgliedsstaaten übermitteln – sowie selbst Nachweise aus dem Ausland abrufen. Will zum Beispiel ein Deutscher in Dänemark ein Unternehmen gründen, sollen die dänischen Behörden die dafür nötigen Dokumente sofort übers Internet von deutschen Behörden herunterladen können. Niemand soll gezwungen sein, selbst Nachweise von einer Behörde zur anderen zu tragen. Fachleute sprechen vom „Once-Only-Prinzip“.

Die Pflicht gilt immer dann, wenn Behörden auch den Bürgern ihres eigenen Landes Nachweise in digitaler Form ausstellen – in Deutschland sind das zum Beispiel Auszüge aus den Handels- und Melderegistern. Vor dem Nachweisabruf müssen die Behörden diesen in einer „Preview“ anzeigen. Erst danach entscheidet der Nutzer, ob die Daten tatsächlich fließen sollen oder nicht.

Deutschland steht bei der Umsetzung von Artikel 14 vor dem Problem, dass die „Registerlandschaft“ hierzulande extrem zersplittert ist: Es gibt nur wenige nationale Datenbanken (wie das Waffenregister und das Fahreignungsregister), aber viele kleine Silos auf Länderebene oder gar bei den Kommunen. Zum Beispiel gibt es in Deutschland rund 5000 Melderegister,

die aber immerhin mit größeren Registern auf Länderebene vernetzt sind.

Das Unterfangen, jedes von Artikel 14 betroffene deutsche Register direkt an das Nachweisaustauschsystem der EU anzuschließen, wäre ziemlich aussichtslos. Dafür müsste jede Registerbehörde die von der EU-Kommission vorgegebenen Kommunikationsstandards implementieren, zusätzlich zu den bisher innerhalb Deutschlands genutzten Standards.

Sportlich selbst für Dänemark

Bund und Länder wollen deshalb sogenannte „Intermediäre Plattformen“ entwickeln, die zwischen den EU- und den verschiedenen deutschen Standards übersetzen. Auch die Authentifizierung der Nutzer, die Preview-Funktion und weitere Aufgaben sollen diese Plattformen übernehmen.

Bei der Entwicklung der Plattformen steht Deutschland noch am Anfang. Bund und Länder beschlossen erst im November formell, auf diese zu setzen. Eine Arbeitsgruppe soll nun „ein Konzept zur technischen, rechtlichen und organisatorischen Ausgestaltung“ vorlegen. Welche nationalen Register sich an die Vermittlungsplattformen anschließen müssen und wie das technisch genau ablaufen soll, ist noch unklar. Wann Deutschland die Anforderungen von Artikel 14 erfüllt, lässt sich deshalb kaum abschätzen.

Einen Großteil dieser Sisyphusarbeit müssten die Behörden auch ohne SDG-Verordnung leisten, denn mit dem Projekt „Registermodernisierung“ wollen Bund und Länder auch innerhalb Deutschlands das Once-Only-Prinzip verwirklichen – bis Ende 2025. Eine grobe Vorahnung von der Größe dieser Aufgabe vermittelt die Mitte Dezember veröffentlichte, 360 Seiten starke Version 0.9 der „Technical Design Documents“ für das „Nationale Once-Only-Technical-System (NOOTS)“.

Selbst kleine kommunale Register müssten „grundsätzlich alle Anforderungen des NOOTS zu Datenbereitstellung und Nachweiskommunikation und -präsentation sowie zumindest die Anforderungen des EU-OOTS an Datenbereitstellung, wie etwa Verfügbarkeit, erfüllen“, heißt es darin (ct.de/yqeh). Es sei deshalb „überlegenswert“, komplett neue „Spiegelregister“ oder „Abrufportale“ zu entwickeln. Entscheiden müssten darüber die „Gremienstrukturen der jeweiligen Fachlichkeit“, also die Ministerien und Behörden der einzelnen Bundesländer. Kurzum:

Verpflichtende Onlineverfahren gemäß SDG

ab 12. Dezember 2023

1) Antrag auf Nachweis über die Eintragung in das Geburtenregister
2) Antrag auf Wohnsitznachweis
3) Antrag auf Finanzierung für ein Hochschulstudium
4) Antrag auf Zulassung zu einer Hochschule
5) Antrag auf Anerkennung von Diplomen / Zeugnissen / Nachweisen
6) Antrag auf Bestimmung des anwendbaren Rechts (z. B. bei Tätigkeit in zwei Mitgliedsstaaten)
7) Mitteilung einer Änderung der Situation eines Empfängers von Sozialversicherungsleistungen
8) Antrag auf Ausstellung einer Europäischen Krankenversicherungskarte
9) Einreichung einer Einkommensteuererklärung
10) Meldung einer Adressänderung
11) Kfz-Zulassung
12) Antrag auf Plakette / Vignette für Straßennutzung
13) Antrag auf Emissionsplakette
14) Antrag auf Ruhestands- / Vorruhestandsleistungen
15) Ersuchen um Informationen im Zusammenhang mit Ruhestandsleistungen
16) Meldung einer Geschäftstätigkeit, Zulassung zur Ausübung einer Geschäftstätigkeit, ...
17) Registrierung eines Arbeitgebers bei Versorgungs- und Versicherungssystemen
18) Registrierung von Beschäftigten bei Versorgungs- und Versicherungssystemen
19) Einreichung einer Körperschaftsteuererklärung
20) Meldung an die Sozialversicherungssysteme bei Beendigung des Vertrags mit einem Beschäftigten
21) Zahlung von Sozialbeiträgen für Beschäftigte

Das Ganze wird nicht ein paar Monate dauern, sondern viele Jahre.

Einen Trost gibt es aus deutscher Sicht: Fachleute gehen davon aus, dass auch die anderen EU-Mitgliedsstaaten ihre Datenbanken nicht pünktlich bis zum 12. Dezember an das Nachweisaustauschsystem der EU-Kommission anschließen. Die Kommission hat die technischen Vorgaben nach langwierigen Verhandlungen mit den Mitgliedsstaaten nämlich erst im August 2022 veröffentlicht, 15 Monate später als geplant (siehe ct.de/yqeh). Artikel 14 stellt deshalb selbst für Musterländer wie Dänemark oder Estland eine sportliche Aufgabe dar.

Und zumindest in Sachen OZG können die Behörden sich künftig entspannen: In die geplante Neuauflage des Gesetzes („OZG 2.0“) will die Bundesregierung kein Zieldatum mehr einbauen.

(cwo@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Jo Bager, Christian Wölbert, Vorbild Nürnberg, Digitalisierung der Verwaltung: 32 Städte im c't-Ranking, c't 4/2023, S. 116

Once-Only-Konzepte: [ct.de/yqeh](https://www.ct.de/yqeh)



Stromlagerhaus

Wie Batteriespeicher das Stromnetz stabilisieren

Strompreise und Netzfrequenz, Erzeugung und Verbrauch schwanken. Das machen sich Betreiber von Batteriespeichern im Megawattbereich zunutze. Solche Anlagen entstehen überall in Deutschland: Sie sollen Geld verdienen und gleichzeitig das Stromnetz stabiler sowie den Strom günstiger machen. So funktionieren sie technisch und wirtschaftlich.

Von Jan Mahn

Die politische Prominenz hat sich eingefunden: Bürgermeister, Landrat, Bundestags- und Landtagsabgeordnete und der stellvertretende bayerische Ministerpräsident sind ins Industriegebiet nach Diespeck in der Nähe von Neustadt an der Aisch gereist und schauen interessiert in sechs flache blaue Betongebäude. Es ist kein Garagenhof, gefeiert wird die Inbetriebnahme von zwei Batteriespeicheranlagen in Diespeck und Iphofen, die zusammen als „Speicherkette Norbayern“ geführt werden und in Summe mit 42 Megawatt Leistung und 48 Megawattstunden Kapazität den größten Batteriespeicher in Bayern bilden.

Ein Schalter wird bei dieser Eröffnung nicht umgelegt. An diesem windigen Vor-

mittag Ende Januar 2023 sind die Anlagen technisch schon seit vier Monaten in Betrieb, die feierliche Eröffnung mit Snacks, Festreden und durchgeschnittenen Bändern lassen sich Betreiber, Bauunternehmen und Politiker aber nicht entgehen. Auch internationale Gäste sind angereist: Das Projekt entwickelt und geplant hat die Firma Kyon Energy aus München, gebaut hat die Speicher das deutsch-norwegische Unternehmen Eco Stor und bezahlt und betrieben werden sie von einer deutschen Tochtergesellschaft der österreichischen Verbund AG, die zu 51 Prozent der Republik Österreich gehört. Insgesamt betreibt der Energieversorger in Deutschland sieben Batteriespeicher mit zusammen rund 100 Megawatt Leistung, wie aus dem

ct kompakt

- In Großspeichern stehen Module mit Lithium-Ionen-Zellen in Racks. Über Wechselrichter sind sie mit dem Mittelspannungsnetz verbunden.
- Um das Stromnetz zu stabilisieren, greifen die Übertragungsnetzbetreiber auch auf die Leistung von Batteriespeichern zurück.
- Weil Strom im Tagesverlauf unterschiedlich viel kostet, kann man ihn für Geschäfte an der Strombörse einsetzen.

Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur hervorgeht (siehe ct.de/yyq7).

Glaubt man einigen der Festreden, so sind hier gigantische Notstrombatterien entstanden – wenn im Rest der Republik der Strom ausfällt, seien über 20.000 Haushalte im Landkreis „Neustadt. a. d. Aisch-Bad Windsheim“ noch eine Stunde lang versorgt. Und wenn sie nicht gerade den Blackout verhindern, sollen die Akkus Photovoltaik- und Windstrom für die Nacht und die nächste Flaute einspeichern. Doch ganz so einfach wie in den politischen Reden ist es in der Realität nicht – weder technisch noch wirtschaftlich. Um zu verstehen, wie solche Batteriespeicher dabei helfen, das Netz zu stabilisieren, ob und wie sie dazu beitragen, die Strompreise zu senken, ist ein tieferer Einblick in den Strommarkt und die Funktionsweise des europäischen Verbundnetzes nötig. Zu welchem Zweck die Speicher wirklich gebaut wurden, konnten wir im Anschluss an die Eröffnung mit Florian Antwerpen besprechen. Er ist Geschäftsführer von Kyon Energy und hat mit der Planung der Anlagen und des Betriebskonzepts begonnen, noch bevor klar war, wer sie mal kaufen und betreiben würde.

Die Speicher

Vor dem Blick auf den Strommarkt hilft ein Blick auf die Funktionsweise eines solchen Batteriespeichers – die Anlage von Eco Stor steht stellvertretend für Produkte einer Branche, die sich gerade im Aufbau befindet. Die kann aber zumindest auf Komponenten zurückgreifen, die bereits

auf dem Markt verfügbar sind, allen voran die aus Notebooks und Smartphones bekannten Lithium-Ionen-Batteriezellen. In den vergangenen Jahren sind die Großspeicher im Kielwasser der Batterieproduktion für Elektroautos geschwommen, denn auch wenn die einzelnen Anlagen groß sind, so sind Großspeicher noch immer nur die Nische und E-Autos der Massenmarkt: Ein Oberklasse-Elektroauto kann rund 90 Kilowattstunden speichern, die Kapazität eines Großspeichers mit 24 Megawattstunden entspricht also der von nur etwa 260 Fahrzeugen. Nicht viel, wenn man es ins Verhältnis setzt: Laut Kraftfahrtbundesamt wurden im Jahr 2022 in Deutschland 470.559 reine Elektroautos zugelassen.

Der Kern der Anlagen von Eco Stor sind Lithium-Ionen-Batteriemodule der Samsung-Batterietochter Samsung SDI. Die knapp 60 Kilogramm schweren 19-Zoll-Module bestehen aus rechteckigen Zellen und sind in Racks übereinandergestapelt. Bei Samsung heißt die Produktparte „Energy Storage System“ (ESS) und im Verkaufsprospekt gibt der Hersteller an, weltweit bereits Batteriespeicher für über 10 Gigawattstunden (10.000 MWh) verkauft zu haben. Massenware also, die nicht nur Großspeicher bestückt,

sondern die zum Beispiel auch Notstrom für Industrieanlagen liefert. Dieser Geschäftsbereich hat längst begonnen, sich von der E-Auto-Batterieproduktion zu emanzipieren – denn die Anforderungsprofile an die Zellen unterscheiden sich doch. Batterien in stationären Speichern müssen zum Beispiel nicht im Betrieb über Kopfsteinpflaster rollen, dafür aber während ihrer Laufzeit mehr Ladezyklen ertragen.

Ihr natürlicher Lebensraum sind Betongebäude, die auf festem Untergrund stehen und von außen einer Fertigarage ähneln. Im Inneren sieht es aus wie im Rechenzentrum – die dicht gepackten Racks auf beiden Seiten werden flankiert von einem Kühl- und Belüftungskonzept, bei dem Klimaaußengeräte die Wärme abführen und Lüfter in den Rack-Modulen einen Luftstrom erzeugen. Weil Lithium-Ionen-Akkus im Fehlerfall durchaus brennen können, steht in der hinteren Ecke der Gebäude eine Gasflasche mit Löschgas für eine Brandunterdrückungsanlage, die im Notfall gezielt einzelne Batteriemodule über eine Lanze löscht. Überwacht werden alle Batterien von einem System, das Anomalien erkennen soll – denn um Brände zu vermeiden, ist es besser, ein schadhafte Modul rechtzeitig außer Betrieb zu nehmen.

Florian Antwerpen, Geschäftsführer des Projektplanungsunternehmens Kyon Energy (links) und der bayerische Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger (rechts) eröffnen einen Batteriespeicher in Diespeck.





Wechselrichter (rechts) machen aus der Gleichspannung der Batteriezellen Wechselspannung. Die Mittelspannungstrafos heben diese auf 20 Kilovolt.

men, bevor es zu einer Überhitzung und einem Brand kommt.

Pro Betongebäude hat Eco Stor Batterien mit einer Kapazität von 4 Megawattstunden in den Racks untergebracht. Verschaltet sind sie zu einer Reihenschaltung, an deren Enden eine Gleichspannung von 1200 Volt anliegt. Mit dieser hohen Gleichspannung kann man im Stromnetz noch wenig anfangen – wie bei einer Photovoltaikanlage muss ein Wechselrichter daraus netzsynchrone Wechselspannung machen. Und weil die Ähnlichkeiten zu PV-Anlagen so groß sind, unterscheiden sich auch die Wechselrichter kaum. Eco Stor hat sich für Geräte mit 3,5 Megawatt Leistung vom Hersteller Sungrow entschieden, der im gleichen Format auch PV-Wechselrichter für große Anlagen baut. Sie stehen außerhalb der Betonkisten in einem schalldämpfenden Gehäuse, denn auch im Gewerbegebiet darf ein Batteriespeicher nicht beliebig laut brummen, wie Kyon-Geschäftsführer Antwerpen im Gespräch erklärt. Passend fürs Stromnetz ist der Strom nach dem Wechselrichter aber noch immer nicht. Aus dem Wechselrichter kommen 690 Volt – das dritte Glied in der Reihe ist daher ein Transformator, der die Spannung auf Mittelspannung von 20 Kilovolt hebt. Für den Anschluss ans Netz haben sich die Planer in Diespeck einen optimalen Standort ausgesucht – direkt neben dem Grundstück betreibt der örtliche Netzbetreiber „N-Ergie Netz“ ein Freiluftschaltwerk, also einen überirdischen Mittelspannungsknotenpunkt. Der Leitungsweg ist daher so kurz wie möglich.

Batterien, Klimaanlage, Steuerung, Wechselrichter und Mittelspannungstrafos – beim Ein- und Ausspeichern von Energie in den Batteriespeichern fällt un-

weigerlich Verlustleistung in Form von Wärme ab. Wie hoch diese anteilig ausfällt, hängt laut Projektplanern bei Kyon Energy vom Betriebsmodus ab – Bau und Betrieb lohnen sich aber, wie man uns versichert, über die geplanten 15 Jahre Zelllebensdauer, an deren Ende rund 10.000 Zyklen absolviert sind. Denn aus reiner Freude am Stromspeichern haben die Österreicher der Verbund AG die Anlage in Nordbayern nicht gekauft.

Das Geschäft

Hinter solchen Großspeichern stecken handfeste Geschäftsmodelle. Ihren Ursprung haben sie in der Funktionsweise des europäischen Stromnetzes. Denn das muss stabil funktionieren, obwohl der Verbrauch

weitgehend unkoordiniert stattfindet. Bevor Sie zu Hause einen Lichtschalter umlegen oder eine Spülmaschine starten, müssen Sie niemandem Bescheid geben und keinen Antrag auf Netzbezug stellen. Im großen Maßstab führt das dazu, dass ständig und überall in Europa fleißig Lasten kommen und gehen. Technisch muss aber jedem Verbrauch auch eine Erzeugung gegenüberstehen. Schließlich kann man dem Netz nicht mehr Energie entnehmen, als alle Erzeuger zusammen eingespeist haben. Und zum Verbrauch gesellen sich noch Übertragungsverluste und die Verluste durch die Transformation über mehrere Spannungsebenen.

In einem Wechselspannungsnetz gibt es eine gut messbare Größe, an der man dieses Gleichgewicht ablesen kann: die Netzfrequenz. Die soll bei 50 Hertz liegen, doch jeder Verbraucher zwischen Lissabon und Tiraspol senkt sie theoretisch ab, jeder Erzeuger erhöht sie. Dass die Frequenz nicht bei jedem Schaltvorgang zittert, verdanken wir zunächst einer Trägheit, die aus der Funktionsweise von Kraftwerken resultiert. In solchen drehen sich sehr große Rotoren – und für eine Senkung der Frequenz müssten diese langsamer drehen, für eine Erhöhung schneller. Aber freiwillig ändern Schwunghmassen ihre Geschwindigkeit nicht so leicht – ihre Rotationsenergie stützt die Frequenz also ganz natürlich. Weitere Schwunghmassen gibt es auch auf Verbrauchsseite bei industriellen Großverbrauchern.



Bild: Kyon Energy

Der Speicher in Diespeck steht direkt neben einem Freiluftschaltwerk und ist ans Mittelspannungsnetz angeschlossen.

Volatil und doch stabil

Doch die Trägheit allein reicht nicht, um sämtliche Schwankungen in Erzeugung und Produktion über den Tag immer im Gleichgewicht zu halten. Nicht nur der Verbrauch schwankt über den Tag, auch die Erzeugung – und längst sind nicht mehr alle Erzeuger so gut steuerbar wie Gaskraftwerke. Insbesondere die Ausbeute aus Wind und Sonne kann man zwar mittels Wetterbericht und mathematischen Modellen prognostizieren, eine gewisse Unsicherheit bleibt aber. Alle Beteiligten am Strommarkt, die Erzeugungsanlagen betreiben oder Strom für ihre Kunden einkaufen (sogenannte Bilanzkreisverantwortliche) erstellen solche Prognosen und müssen sie für den jeweils nächsten Tag im Viertelstundentraster veröffentlichen – im Stromgeschäft heißen diese Prognosen Fahrpläne. Darin geben sie an, was sie zu verbrauchen und zu erzeugen planen. Einerseits kaufen und verkaufen die Unternehmen auf Basis dieser Prognosen die Strommengen im Day-Ahead-Handel an der Strombörse, andererseits sind die Übertragungsnetzbetreiber auf diese Daten angewiesen. Derer gibt es in Deutschland mit 50Hertz, Amprion, TenneT und TransnetBW vier. Innerhalb ihrer Regelzonen (siehe Grafik rechts) betreiben sie Hoch- und Höchstspannungsleitungen und sind auch für die Netzstabilität verantwortlich. In Österreich übernimmt diese Aufgabe die „Austrian Power Grid AG“, die wiederum 100-Prozent-Tochter der Verbund AG ist.

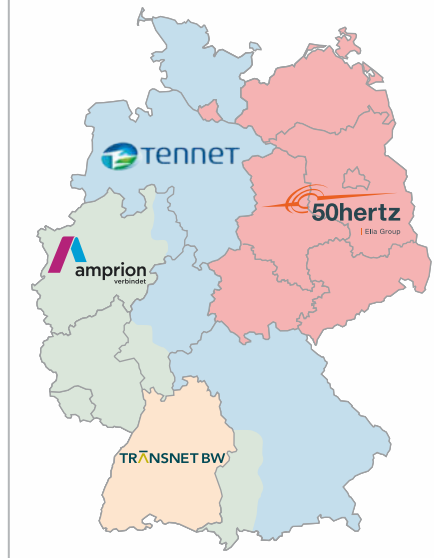
Die Übertragungsnetzbetreiber wissen anhand von eigenen Modellen, wie ihr Netz auf diese erwarteten Strommengen reagiert und müssen dann für den nächsten Tag planen, wie sie bei möglichen Abweichungen von den Fahrplänen ihr Netz stabil halten. Dafür brauchen sie sogenannte Regelleistung, die sie bei Dienstleistern einkaufen – und hier kommen Anbieter wie die Verbund AG mit ihrem Batteriespeicher ins Spiel.

Stufenplan

Regelleistung gibt es in mehreren Varianten, die unterschiedlich schnell einsatzbereit sein müssen. Die Regelleistungen werden von den Übertragungsnetzbetreibern nacheinander aktiviert und lösen einander ab, wenn die Stufe davor das Netz nicht stabilisieren konnte. In der Tabelle auf Seite 135 sehen Sie die drei Stufen mit ihren deutschen sowie den

Regelzonen in Deutschland

Vier Übertragungsnetzbetreiber teilen das Bundesgebiet in sogenannte Regelzonen.



englischen Bezeichnungen, die auf Ebene des europäischen Netzbetreiberverbands ENTSO-e üblich sind. Batteriespeicher kommen fast ausschließlich in der ersten Stufe zum Einsatz, als Primärregelleistung (PRL). Auf Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenreserve (MRL) geht der Artikel daher nicht genauer ein. Dabei handelt es sich um regelbare Erzeuger (Kraftwerke) und große Erzeuger (Industrieanlagen), die auf Befehl aus der Leitstelle der Übertragungsnetzbetreiber hoch- oder runterfahren und gravierende Abweichungen ausgleichen.

Die Primärregelleistung dagegen wird nicht auf Befehl gesteuert, sie arbeitet ganz ohne Leitstelle und daher mit wenig Verzögerung. Ein Batteriespeicher, der diese Dienstleistung bereitstellt, überwacht mit einem Frequenzmesser direkt in der Anlage permanent die Frequenz. Solange die sich im sogenannten Totband um 50 Hertz bewegt, unternimmt der Speicher nichts. Dieses Band geht von 49,99 Hz bis 50,01 Hz. Fällt die Frequenz darunter, beginnt der Speicher mit der Einspeisung ins Netz und steigert seine Leistung, wenn sie weiter fällt. Bei 49,8 Hz (einer eher großen Abweichung) muss er 100 Prozent seiner Leistung abgeben. Bei einer rapiden Schwankung darf er nicht länger als 30 Sekunden brauchen, um auf Volllast zu regeln. Übersteigt die Frequenz

das obere Ende des Totbands, werden die Batterien geladen.

Im Laufe seiner Tätigkeit als Primärregelleistungsanbieter wechselt der Batteriespeicher immer wieder und ganz ohne externe Steuerung zwischen Ein- und Ausspeisung und regelt kontinuierlich nach. Weil bei jedem Laden und Entladen Verluste entstehen, muss der Betreiber zusätzlich Nachlademanagement betreiben, um die Verluste zu einem möglichst günstigen Zeitpunkt wieder auszugleichen.

Die Primärregelleistung wird nicht nach eingespeister oder eingespeicherter Strommenge (sogenannter Regelarbeit) in Kilo- oder Megawattstunden bezahlt, sondern nur für die Bereitschaft pro bereitgestelltem Megawatt. Zahlen müssen die Übertragungsnetzbetreiber also auch dann, wenn die Speicher im gebuchten Zeitraum nichts oder fast nichts zu regeln haben. Daher haben sie ein Interesse, nicht zu viel dieser Leistung einzukaufen. Die deutschen Übertragungsnetzbetreiber berechnen zusammen den Bedarf an Primärregelleistung und schreiben den Bedarf über die Plattform regelleistung.net aus. Wer große Batteriespeicher dafür bereitstellen will, kann jeweils für 4-Stunden-Blöcke ein Angebot abgeben. Erhält er den Zuschlag, schaltet er seine Anlage in diesem Zeitraum in den Frequenzerhaltungsmodus und lässt sie arbeiten.

Um an den Auktionen teilzunehmen, muss man seine Anlage beim zuständigen Übertragungsnetzbetreiber präqualifizieren. Die veröffentlichen regelmäßig, wie viel PRL in Deutschland theoretisch bereitsteht: Mit 4,79 GW dominiert laut Auswertung für den Januar 2023 die Wasserkraft diesen Markt. Batteriespeicher liegen mit 0,63 GW aber schon auf Platz 2. Kohle-, Kern- und Gaskraftwerke sind in diesem Segment weniger im Einsatz. Sie bieten ihre Leistung vorwiegend als SRL und MRL an. Die gesamte Tabelle finden Sie über ct.de/yyq7 zum Download. Gebraucht wird in ganz Deutschland oft eine Primärregelleistung zwischen 650 und 700 Megawatt.

Was man mit PRL verdienen kann, hängt von Angebot und Nachfrage ab. Wird viel gebraucht, kann man in der Stunde auch mal 25 Euro pro angebotenem Megawatt erzielen. Zu weniger dynamischen Zeiten fällt die Bezahlung auch mal auf unter einen Euro. Wenn Sie sich für die Entwicklung der Preise interessieren, finden Sie im Kasten auf Seite 134 ein paar ergiebige Datenquellen.

Falls Sie einen Batteriespeicher im Keller stehen haben und darüber nachdenken, sich damit für PRL zu qualifizieren, haben wir schlechte Nachrichten: Das Mindestangebot für die Auktion liegt bei einem Megawatt und das müssten Sie auch noch redundant vorhalten. Doch der Markt ist in Bewegung und neue Geschäftsmodelle liegen in den Schubladen – in wenigen Jahren könnte es normal werden, die heimischen Kleinspeicher und das Elektrofahrzeug einem Pool zur Verfügung zu stellen und dafür eine Vergütung zu erhalten. Bisherige Ansätze dazu wie Lichtblick Schwarmbatterie taten sich aber schwer.

Handel mit Strom

Die Batteriespeicher der Verbund AG laufen nicht den ganzen Tag im PRL-Modus.

Die Entscheidung, wann sich eine Teilnahme an der Auktion lohnt, treffen Algorithmen – sie hängt auch davon ab, wie lukrativ ihr zweiter Betriebsmodus ist. Der Betreiber kann mit dem Speicher auch sogenannte Arbitrage-Geschäfte im Intraday-Handel abwickeln. Ganz vereinfacht bedeutet das: Wenn der Strom billig ist, wird der Speicher vollgemacht, die Energie ein paar Stunden eingelagert und in Phasen mit hohen Preisen wieder ausgespeichert.

Unter einer Arbitrage versteht man das Ausnutzen von Preisschwankungen, um risikolose Gewinne zu erzielen – und diesen Aspekt betonen auch die Betreiber: Es handelt sich ausdrücklich nicht um Spekulation, sondern um sichere Geschäfte. Bei einer Spekulation würde man den

Strom günstig bunkern und hoffen (nicht wissen), dass man ihn irgendwann teurer verkaufen kann. Bei einer Arbitrage weiß man, dass man einen Gewinn erwirtschaftet, weil man zum Beispiel den Kauf um 8:00 und den Verkauf um 13:45 zeitgleich im Vorfeld abschließt. Das einzige Risiko besteht darin, dass der Speicher in der Zwischenzeit kaputtgeht.

Dieser Intraday-Handel findet an der Strombörse statt und hier kommen wieder die Bilanzkreisverantwortlichen (BKV) ins Spiel. Die haben bereits am Vortag ihre Fahrpläne an die Übertragungsnetzbetreiber gemeldet und sind dann dafür verantwortlich, diese Prognose im Viertelstundenraster einzuhalten – sonst müssen sie die Abweichungen in Form von Ausgleichsenergie bezahlen. Ein Bilanzkreis-

Datenquellen zum Strommarkt

Wie viel Regelenergie wird am Tag eingesetzt, was kostet Strom an der Börse und wie stark schwankt die Netzfrequenz wirklich? Antworten auf solche Fragen geben verschiedene Datenquellen im Internet. Ein paar nützliche Plattformen haben wir zusammengetragen. Die Links finden Sie auch über ct.de/yyq7.

Erste Anlaufstelle für Daten zu Strommarktteilnehmern, Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen ist das **Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur** (www.marktstammdatenregister.de). Dort müssen nicht nur Betreiber von privaten PV-Anlagen ihre Daten eintragen, auch Kraftwerke und Batteriespeicher sind dort gelistet. Wenn Sie zum Beispiel wissen wollen, wo die anderen Batteriespeicher der Verbund AG stehen, suchen Sie nach Stromerzeugungseinheiten und richten einen Filter auf die „MaStR-Nr. des Anlagenbetreibers“ ein. Die Verbund AG hat die Nummer ABR932212103470. Die Frage, wie viele Großspeicher im Megawattbereich es in Deutschland gibt, kann das Portal leider nicht sehr zuverlässig beantworten. Ein kurzer Blick zeigt: Leider verwechseln viele private Betreiber von Speichern die Einheiten und tragen einen 10.000-kWh-Speicher mit dem Namen „Keller“ als 10-GWh-Speicher ein.

Empfehlenswert für Recherchen ist eine zweite Plattform der Bundesnetzagentur mit dem kreativen Namen SMARD (smard.de). Dort findet man oben den

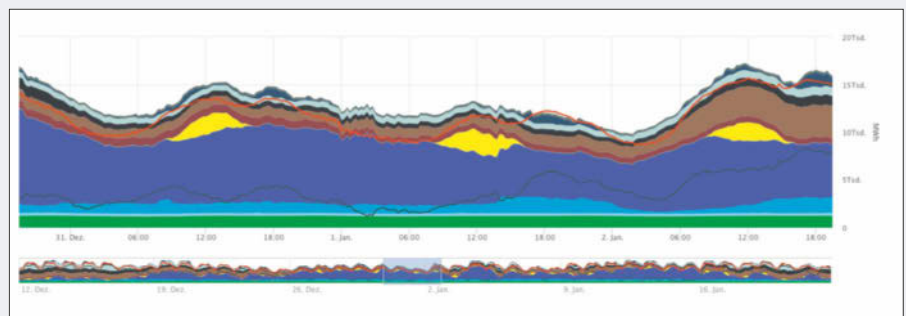
Reiter „Marktdaten visualisieren“. Diese Plattform trägt allerlei Daten zum Strommarkt zusammen und erzeugt Diagramme. In den Reitern oben muss man Themenbereiche aktivieren, die man aufs Diagramm zeichnen will. Neben Stromerzeugung und Verbrauch gibt es da auch einen Reiter für Systemstabilität, der Informationen zu PRL und anderen Regelleistungen liefert. SMARD beantwortet auch die Frage, wie hoch der Anteil verschiedener Energieträger an der Erzeugung über den Tagesverlauf ist.

Die Ausschreibung von Regelleistung organisieren die Übertragungsnetzbetreiber über ihre Plattform **regelleistung.net**. Für die Recherche ist die Seite aber nicht die erste Anlaufstelle. Besser eignet sich dafür die von einer Privatperson betriebene Internetseite regelleistung-online.de.

Dort findet man neben zusammengetragenen Diagrammen auch lesenswerte Analysen und Berechnungen zu verschiedenen Szenarien.

Ein anderes Privatprojekt mit nützlichen Auswertungen ist **netzfrequenz.info**. Der Betreiber misst selbst die Frequenz und generiert aktuelle und historische Diagramme. Die verraten auch, welche Regelleistung aktuell eingesetzt wird, um die Frequenz wieder auf 50 Hertz zu bringen.

Wenn es ums Geld geht, ist die Börse der richtige Datenlieferant. Unter der Adresse epexspot.com/de/node/180 findet man das Datenwerkzeug der Strombörse Epex Spot. Um mit den Filtern sinnvolle Auswertungen zu bekommen, ist aber etwas Einarbeitung nötig.



verantwortlicher kann zum Beispiel ein Betreiber von Windparks sein oder die lokalen Stadtwerke. Der Windparkbetreiber hat ein Problem, wenn der Wind wider Erwarten ausbleibt oder stärker bläst, die Stadtwerke, wenn die Kunden weniger oder mehr konsumieren. Beide wollen am Ende einer Viertelstunde ihren Bilanzkreis glattstellen, also jemanden auf dem Markt finden, der die Strommenge an- oder verkauft.

Der Windparkbetreiber ist in der Flaute vielleicht froh, wenn er anderswo in derselben Regelzone jemanden findet, der gerade zu viel Strom auf dem Verrechnungskonto hat. Beide bieten ihre Strommengen im Spotmarkt für einen Viertelstunden-Slot an, die Börse bringt beide zusammen und es findet ein anonymer und virtueller Austausch statt – der Strom wird nicht real transportiert. In diesem Markt können auch die Speicherbetreiber mitmischen und Kontingente an- und verkaufen. Die Entscheidungen, welche Arbitrage-Geschäfte der Speicher macht, treffen aber keine menschlichen Händler, die sich auf dem Börsenparkett Preise und Megawattstunden zubrüllen. Das Geschäft erledigen vielmehr Algorithmen, die von Kennern des Energiemarkts programmiert wurden. Die Speicher hängen je nach Verfügbarkeit per DSL, Glasfaser oder Mobilfunk am Internet und setzen die abgeschlossenen Geschäfte auf Kommando in Ein- und Ausspeisung innerhalb der vereinbarten 15-Minutenraster um.

Was das bringt

Batteriespeicher wie die in Diespeck und Iphofen sind also kein selbstloses Geschenk des österreichischen Betreibers, um Stromausfälle im Landkreis zu verhindern. Sie sollen zunächst die Bau- und Planungskosten wieder einspielen und dann Gewinn abwerfen. Und dennoch haben sie positive Effekte – sowohl auf die Netzstabilität als auch auf die Strompreise, die letztlich jeder Verbraucher zahlen muss. Zunächst auf Seiten der Primärregelleistung: Von der wird im Netz zunehmend mehr gebraucht, je größer der Anteil nicht-regelbarer erneuerbarer Energie ist. Solange das Gesetz von Angebot und Nachfrage gilt, senken mehr Speicher langfristig die Preise für diese Dienstleistung. Und die bezahlen am Ende der Kette nicht die Übertragungsnetzbetreiber selbst, weil sie die Kosten umlegen und in Form von Netznutzungs-

Stufen von Regelleistung

Art der Regelleistung	Englische Bezeichnung	Bereitstellung in	Angeboten vor allem durch
Primärregelleistung (PRL)	Frequency Containment Reserve (FCR)	30 Sekunden	Großkraftwerke, Batteriespeicher
Sekundärregelleistung (SRL)	automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR)	5 Minuten	Gas- und Pumpspeicherkraftwerke, Biogasanlagen
Minutenreserveleistung (MRL)	manual Frequency Restoration Reserve (mFRR)	15 Minuten	Gas- und Pumpspeicherkraftwerke, regelbare Großverbraucher

entgelten von jedem Stromkunden zu rückfordern.

Auch das Intraday-Volumen wächst seit Jahren stetig an, die Bilanzkreisverantwortlichen liegen mit ihren Prognosen also tendenziell immer öfter daneben und müssen nachsteuern. Jeder Großspeicher, der am Arbitrage-Handel teilnimmt, verschiebt Energie ja nicht nur virtuell an der Börse, sondern verlagert auch ganz real die Energie und entzerrt so Spitzenzeiten. Mehr große Speicher im System senken die Spitzenpreise also langfristig.

Einer fehlt

Ein Akteur kam bisher in der Erklärung nicht vor und auch zur Eröffnungsfeier der Verbund AG in Diespeck schickte er keinen Vertreter: der lokale Verteilnetzbetreiber. Verteilnetzbetreiber (VNB) bewirtschaften die Netze auf den unteren Spannungsebenen bis hin zum Hausanschluss, oft sind es die lokalen Stadtwerke. Diespeck liegt im Netzgebiet von N-Ergie Netz aus Nürnberg und dieses Unternehmen hat den Speicher an sein Mittelspannungsnetz angeschlossen. Behandelt wird die Anlage aber wie jeder andere Verbraucher oder Erzeuger in dieser Größe. Per Fernwirktechnik kann N-Ergie die Anlage im Notfall vom Netz nehmen, so wie es der Netzbetreiber mit einem großen PV- oder Windkraftpark auch tun könnte. Aus Sicht des österreichischen Betreibers lässt sich N-Ergie damit aber eine Gelegenheit entgehen: Der Speicher wird nicht netzdienlich eingesetzt, wie es im Strommarkt heißt.

Auch ein Verteilnetzbetreiber ist für Netzstabilität verantwortlich – muss aber etwas andere Probleme lösen als TenneT, Amprion, 50Hertz und TransnetBW. Im lokalen Verteilnetz geht es um Herausforderungen wie Engpassmanagement und nicht um die Frequenz des europäischen Verbundnetzes. Solche Engpässe können entstehen, wenn Trassen überlastet sind und in der Folge in einzelnen Netzbereichen Energie fehlt, in anderen zu viel bereitsteht. Ein Batteriespeicher kann dabei helfen, bei örtlicher Unterver-

sorgung fehlende Energie zu liefern oder Überschüsse schnell abzunehmen, bevor zum Beispiel ein Windrad abgeregelt wird. Der Gesetzgeber hat im Energiewirtschaftsgesetz in den Paragraphen 13 und 14 bereits eine Möglichkeit geschaffen, dass die Verteilnetzbetreiber auf solche Speicher in ihrem Gebiet zugreifen, sie bei Engpässen aus ihren Leitstellen steuern und die Betreiber dafür vergüten. Laut den Projektplanern bei Kyon Energy ist das Interesse an dieser Leistung bei deutschen Netzbetreibern bisher aber gering, obwohl es im Rahmen der Anmeldung immer angeboten wird. „Dabei ist es für Verteilnetzbetreiber viel günstiger, bei wenigen Engpässen im Jahr auf bestehende Speicher zuzugreifen als solche speziell für Engpässe selbst zu betreiben oder das Netz auszubauen“, ergänzt Geschäftsführer Antwerpen.

Dynamischer Markt

Der Strommarkt ist im Wandel und die Zeiten, in denen der stellvertretende Ministerpräsident zur Eröffnung eines Batteriespeichers anreist, werden bald enden. Großspeicher sind auf dem Weg, gewöhnlich zu werden und nicht nur österreichische Unternehmen investieren aktuell in Deutschland in solche Anlagen. So plant zum Beispiel RWE, im Jahr 2023 mit dem Bau von zwei Speichern in Hamm und Neurath zu beginnen, die zusammen 220 Megawatt leisten und 2024 in Betrieb gehen sollen. Und auch abseits von Lithium-Ionen-Technik gibt es Bewegung und andere Ideen, wie man Großspeicher bauen kann. Gleich mehrere Unternehmen arbeiten an Redox-Flow-Batterien, bei denen die elektrische Energie chemisch in zwei Tanks mit Elektrolyten gespeichert werden soll. Von solchen Forschungen verspricht man sich Speicher, die gut skalierbar und weniger anfällig für Verschleiß sind. Bis die im Megawattbereich mitspielen, ist aber noch Forschungsarbeit nötig. (jam@ct.de) **ct**

Datenplattformen zum Strommarkt: ct.de/yyq7



Bild: IPH / Susann Reichert

Das fliegende Auge

Eine Drohne erkundet Hallen selbstständig – ohne GPS

Eine Flugdrohne des Instituts für Integrierte Produktion Hannover findet sich auch in unbekannten Innenräumen zurecht. Sie tastet die Umgebung ausschließlich mit ihren eingebauten Sensoren ab und orientiert sich per Kamera und LiDAR.

Von Arne Grävemeyer

Handelsübliche Drohnen steuern ihren Flug phasenweise autonom, halten ihre Position, fliegen eine programmierte Route nach GPS-Koordinaten ab oder verfolgen ein Objekt automatisch – eine Funktion, die der Hersteller DJI beispielsweise als „Active Track“ bezeichnet. Dank dem Global Positioning System beherrschen selbst privat erschwingliche Drohnen die Navigation im Freien gut. Schwieriger ist es allerdings, in Hallen und Gebäuden autonom zu fliegen, denn dort ist das für

GPS erforderliche Satellitensignal nicht verlässlich verfügbar.

Ein Team um Andreas Seel am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) hat eine Drohne gebaut und getestet, die indoor beispielsweise in Fabrikhallen autonom fliegen kann, sich selbstständig orientiert und den gesamten Innenraum erkundet. Auf ihrer Oberseite trägt sie einen LiDAR-Puck (Light Detection and Ranging). Mit dem scannt sie ihre Umgebung in alle Richtungen und erzeugt während des Fluges aus den so gemessenen Abständen zu Objekten systematisch eine dreidimensionale Karte.

Kameras und LiDAR

Zur Orientierung dient das Optical-Flow-Modul Holybro PX4Flow an der Unterseite der Drohne. Dessen einfacher CMOS-Bildsensor analysiert die Bewegung über dem Boden und kann damit ein Abdriften des Flugkörpers etwa bei Seitenwind oder Zugluft registrieren und verhindern. Dieser Sensor ist mit einem 1D-LiDAR-Sensor kombiniert, der also punktförmig den Abstand zu Objekten unter der Drohne misst.

Weil das Optical-Flow-Modul ermittelt, inwiefern die aktuelle von der vorherigen Ausgangsposition abweicht, kann die Drohne anhand dieser Daten den zurückgelegten Weg nachvollziehen.

Einen stabilen Flug gewährleistet außerdem die Inertiale Messeinheit (Inertial Measurement Unit, IMU). Dieser Sensor misst, wie stark und in welche Richtung die Drohne beschleunigt. Ge-

c't kompakt

- Ein Quadrocopter aus Hannover hat das autonome Fliegen ohne GPS erlernt.
- Solche Drohnen können selbstständig Hallen erkunden und 3D-Pläne anfertigen.
- Ein Nachfolger soll künftig selbst in starken elektromagnetischen Feldern die Orientierung behalten.

meinsam ermöglichen diese beiden Sensoren der Drohne, ohne GPS zu navigieren.

Auf der Oberseite ihres Quadrokopfers haben die Entwickler ein sogenanntes 2,5-D-LiDAR-System installiert: das Velodyne VLP-16. 2,5 D steht für eine mehr als zweidimensionale, aber nicht vollständig dreidimensionale Umgebungserfassung durch Abstandsmessungen. Das System vermisst rundum, 360 Grad, mit 16 Infrarot-Lasern und jeweils zugehörigen Infrarot-Detektoren die Umgebung auf 16 Ebenen. Diese spannen ein Sichtfeld von 30 Grad auf, 15 Grad aus der horizontalen Ebene nach oben und 15 Grad nach unten. Die LiDAR-Abstandsmessungen reichen bis zu 100 Meter weit.

Der LiDAR-Sensor hilft nicht nur, Kollisionen zu vermeiden, er füttert mit seinen Daten zudem einen Algorithmus, der gleichzeitig die Umgebung kartiert und die Position des Flugkörpers auf dieser Karte bestimmt (SLAM, Simultaneous Localization and Mapping).

Als weitere Last trägt die Drohne noch eine optische Kamera. Deren hundertfache Aufnahmen eines Erkundungsflugs dienen einem weiteren Zweck: der Fabrikplanung. Aus den vielfältigen Fotos erstellt ein eigens entwickeltes Filterprogramm in der Nachbearbeitung am IPH ein sogenanntes 3D-Layout der gesamten Halle. In dieser Ansicht können Planer in weiteren Schritten unterschiedliche Objekte voneinander trennen und schließlich sogar für Neuplanungen im Hallenlayout verschieben.

Die autonome Drohne (oben) und ihr Nachfolger: Im neuen Forschungsprojekt wird eine kleinere und leichtere autonome Drohne nur mit einer preisgünstigen optischen Kamera, ohne schweren LiDAR-Sensor ausgerüstet.



Testdrohne zerschellte zumeist virtuell

Um beim Training der Steuerungs-KI nicht zahlreiche Drohnen durch Zusammenstöße zu verschleißen, wichen die Ingenieure in eine virtuelle Trainingsumgebung aus, die sie mit der Simulations-Engine ROS Gazebo schufen. In der Simulation schickten sie ihre Drohne durch eine enge Halle, in der das Steuerprogramm einigen virtuellen Objekten ausweichen und andere unterqueren musste.

Mit einem eigens entwickelten Algorithmus gelang es den Entwicklern, dass ihre Drohne eine bisher unbekannte Halle vollständig erkunden kann. Dieser unterscheidet zwischen offenen Rändern und

bereits erkannten festen Grenzen, wie etwa Hallenwänden und geschlossenen Toren. Solange die entstehende Umgebungskarte im Bordcomputer noch offene Ränder enthält, steuert die Drohne diese an, bis nur noch feste Grenzen den erkundeten Raum umfassen. Dann fliegt die Drohne zu ihrem Startpunkt zurück und landet. „Das alles funktioniert automatisch. Lediglich vor dem Beginn des Erkundungsflugs muss ein Bediener einen geeigneten Startpunkt auswählen, von dem aus die Drohne aufsteigen kann, ohne mit einem Träger oder einem Hochregal zu kollidieren“, erklärt IPH-Ingenieur Hendrik Kumpe.

Und so sieht das angestrebte Einsatzszenario aus: Eine Drohne wird als Paket



Aus Hunderten von Einzelaufnahmen der autonomen Drohne ist ein komplettes Hallenlayout für die Fabrikplanung entstanden.



An der Unterseite ist die Drohne mit einem Optical-Flow-Modul (links) und einem Abstandssensor (rechts) ausgestattet. Damit orientiert sie sich beim Kartieren einer Halle.

geliefert. Ein Mitarbeiter setzt sie auf einen geeigneten Startpunkt und schaltet sie ein. Die Drohne erkundet selbsttätig die Halle und modelliert das Hallenlayout. Der Bordcomputer wird ausgelesen, um die Halle mit Maschinen, Regalen und Wegen zu visualisieren und damit beispielsweise das Hallenlayout neu zu planen. Es muss niemand mehr händisch die Anlagen in der Halle ausmessen und Fabrikplaner brauchen nicht extra anzureisen. Zudem liefern Drohnen aus der Vogelperspektive oft einen besseren Überblick als etwa Mitarbeiter, die mit Laser-scanner und Notizblock die Daten vom Boden aus aufnehmen.

In Tests am IPH und bei Projektpartnern hat die autonome Drohne (Projektseite: ct.de/yxkq) bereits erfolgreich Hallen erkundet. Für die Aufnahme einer Hallenfläche von 800 Quadratmetern benötigte sie etwa eine halbe Stunde. Wie schnell sie vorankommt, hängt unter anderem davon ab, wie frei sie sich innerhalb des Raumes bewegen kann.

Im Starkstrom-Magnetfeld orientierungslos

In ihren Praxistests stießen die Ingenieure allerdings auf ein massives Problem: Starke elektromagnetische Felder beeinflussen die IMU der Drohne und verwir-

ren dabei ihre Lagebestimmung. Die beeinträchtigten Sensordaten vermitteln der Steuerungslogik, dass sich die Drohne dreht, und die steuert dem vermeintlichen Impuls entgegen. Einige Versuchsflüge endeten dadurch bereits mit einem Crash. Das Problem tritt immer da auf, wo starker Strom durch Leitungen und Maschinen fließt, beispielsweise in Fabrikhallen mit E-Motoren oder großen Pressen.

Zudem ist der Prototyp des IPH noch ziemlich groß. Mit seinen Aufbauten und den selbstentworfenen Propellerschutzen aus Plexiglas hat er eine Spannweite von über einem Meter und wiegt etwa fünf Kilogramm. Diese Maße wirken sich negativ auf eine etwaige Gefährdungsbeurteilung aus, ohne die keine Versicherung beispielsweise Schäden durch einen Drohneinsatz im Industriebetrieb abdecken würde.

Deshalb arbeiten die Entwickler jetzt an einem kleineren Nachfolgemodell. Diese Drohne hat eine Diagonale von weniger als einem halben Meter und soll mit einem Gesamtgewicht von 800 Gramm auskommen. Den LiDAR-Puck, der allein schon 830 Gramm wiegt, wollen die Ingenieure durch eine RGB-Kamera ersetzen. Das mindert das Gewicht und die Kosten des Systems. Zusätzlich soll die Kamertechnik im neuen Projekt Störungen durch starke elektromagnetische Felder erkennen: Anhand der Aufnahmen kann die Drohnensteuerung leicht überprüfen, ob eine verwirrte IMU eine Drehbewegung lediglich halluziniert oder ob die Drohne tatsächlich zu trudeln beginnt. Die Drohne kann nach einer solchermaßen doppelten Beobachtung gezielt gegensteuern.

Die kleinere Drohne sollte also auch in Fabrikhallen mit Starkstrom-Magnetfeldern sicher navigieren können und aufgrund ihres geringen Gewichts leichter eine Freigabe durch die Versicherungen erhalten. Zudem ist die kleine Drohne wendiger und kann so auch Aufnahmen aus Winkeln schießen, die der große Vorgänger nicht erreichen konnte. Zumal die

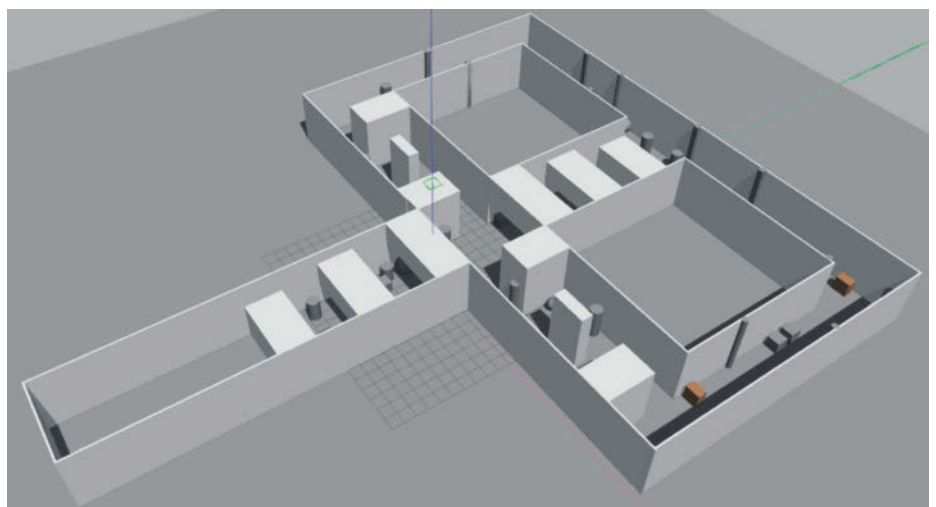


Bild: IPH

Die Entwickler trainierten ihre Steuerungs-KI größtenteils in einer virtuellen Simulationsumgebung mit Hindernissen, die zu umkurven, zu überfliegen oder zu unterqueren waren.

große Drohne einen Sicherheitsabstand von zwei Metern einhalten musste, die kleinere Drohne kann sich geringere Abstände erlauben.

Fotogrammetrie statt Lasermessung

Da die RGB-Kamera aber nicht so wie das LiDAR-System direkt Abstände messen kann, müssen sich die Forscher eines Tricks bedienen. Sie setzen auf die Technik der Fotogrammetrie. Dazu nutzt man beispielsweise zwei Kameras, die mit Abstand zueinander Fotos aus verschiedenen Winkeln aufnehmen. Aus denen lassen sich anschließend ebenfalls Abstände berechnen und 3D-Karten erstellen.

Allerdings soll die kleine Nachfolgerdrohne nur die Last einer Kamera tragen. In diesem Fall muss sie ihre Flugroute so anpassen, dass sie durch ihre Bewegung genügend Fotos aus unterschiedlichen Positionen schießt. Auch dieser Kniff hilft dabei, die räumlichen Verhältnisse in der Umgebung im Nachgang zu berechnen.

Ein weiterer Schritt, um Gewicht auf der autonomen Drohne einzusparen, besteht darin, die Bildanalyse auf einen Rechner am Boden auszulagern. Eine WLAN-Antenne an Bord funkt die Daten rasch hinunter. In Zukunft wollen die Forscher dafür 5G-Technik einsetzen.

Drohne im Gefahrenbereich

Ohne GPS manövrierende autonome Drohnen können nicht nur Industriehallen ausmessen. Darüber hinaus könnten sie in Zukunft an unwirtlichen Einsatzorten helfen. Denkbar wären Drohnen, die Gastanks inspizieren oder die sich in havarierten Schiffen einen Überblick verschaffen. Mit LiDAR könnten sie auch Stollensysteme im Bergbau erkunden, ohne dass sich dazu ein Mensch in Gefahr begeben muss.

Am Institut für Systems Engineering, Fachgebiet Echtzeitsysteme, der Leibniz-Universität Hannover erforscht ein Team um Bernardo Wagner KI-gesteuerte Drohnen, die mit ihrer Sensorik unterschiedli-

che Rettungsmissionen unterstützen können (Projektseite: ct.de/yxkq). Diese könnten beispielsweise nach Erdbeben oder Explosionen in einsturzgefährdete Gebäude einfliegen und dort nach Verletzten suchen. Auch in diesem Szenario scheidet die Navigation mit GPS aus.

Über die Suche nach Lebenszeichen hinaus, etwa durch akustische Aufnahmen und Wärmebildanalysen, nehmen auch diese Drohnen die Innenräume mit LiDAR auf und erstellen aus deren Daten automatisiert eine Umgebungskarte. Zusätzlich sollen sie Ultraschallsensoren tragen, um sich auch in verqualmten Räumen oder in Staubwolken noch orientieren zu können.

Die autonomen Drohnen bieten in Zukunft also nicht nur eine Chance, ungeliebte Routinearbeiten zu übernehmen. Sie könnten künftig anstelle von Rettungskräften automatisiert Gefahrenbereiche erkunden.

(agr@ct.de) **ct**

Projektseiten zu autonomen Indoor-Drohnen: ct.de/yxkq



WERDEN SIE **ct**-BOTSCHAFTER!

... UND UNTERSTÜTZEN SIE DAMIT DEN UNABHÄNGIGEN UND GLAUBWÜRDIGEN JOURNALISMUS!

Wir schenken Ihnen **30 €** und unsere kultige **c't-Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid“**, wenn Sie einen neuen Leser für ein Jahres-Abo der c't werben. Der neue Leser erhält die c't zum Preis von 144,20 € pro Jahr. Das Abo kann in gedruckter oder digitaler Form bezogen werden. Nach einem Jahr ist das Abo monatlich kündbar.



Hier bestellen: ct.de/botschafter

+49 541/80 009 120 leserservice@heise.de



ct magazin für
computer
technik



Bild: Michael Vogt

Sportlicher Dienstbote

Webservices in C++ programmieren mit Boost.Beast

Es müssen nicht immer fette Frameworks wie Django, Rails oder Spring Boot zum Entwickeln von Webdiensten sein. Wer Wert auf Geschwindigkeit legt, fährt mit C++ und einer effizienten Bibliothek anstelle von Python, Ruby oder Java womöglich besser. Eine Einführung in die Beast-Bibliothek von Boost.

Von Oliver Lau

Webservice-Frameworks wie Django, Rails oder Spring Boot sind so komplex, dass man sich leicht darin verirren kann. Außerdem verführen sie dazu, viele API-Funktionen zu einem monolithischen Block zusammenzufügen, der nur schwer zu warten ist. Deshalb sind Microservices eine gute Idee: Sie erledigen höchstens eine Handvoll Aufgaben. So entsteht leicht wartbarer Code, der unabhängig von anderen Services implementiert, gepflegt und in Betrieb genommen werden kann.



Wenn obendrein Performance wichtig ist, bietet sich eine systemnahe Sprache wie C++ an. Für die im Folgenden besprochene Implementierung eines rudimentären Micro-Web-

services haben wir uns für die Bibliothek Beast aus dem plattformübergreifenden C++-Framework Boost entschieden.

Sie ist „header-only“, besteht also nur aus Header-Dateien, was dem Compiler beim Optimieren hilft.

Diese Kombination ist low-leveliger als das, was Sie vielleicht von Django, Rails

oder Spring Boot kennen. Dafür gewinnen Sie einen guten Eindruck davon, wie die Kommunikation zwischen Client und Webservice abläuft.

Den Quellcode für den im Folgenden entstehenden Beispiel-Webservice bekommen Sie über ct.de/yw4b aus unserem GitHub-Repository.

Alles ist asynchron

Um diesen Artikel nachvollziehen zu können, sollten Sie in der Begriffswelt der Netzwerkkommunikation (TCP, HTTP, Sockets...) einigermmaßen firm sein. Hilfreich, aber nicht erforderlich ist es, wenn Sie sich mit den Grundzügen von Boost.Asio auskennen [1]. Denn Beast benutzt das Asio zugrunde liegende Modell zur asynchronen Kommunikation. Asynchronität bedeutet, dass ein Prozess nicht so lange auf das Ergebnis einer Anfrage warten muss, bis es vorliegt, sondern währenddessen etwas anderes machen kann, zum Beispiel neue Anfragen annehmen oder bereits eingetroffene verarbeiten.

Dreh- und Angelpunkt für alle Beast-Operationen ist deshalb ein Objekt vom Typ `boost::asio::io_context`, das die Verbindung vom Programm (hier der Webservice) zur I/O-Schicht des Betriebssystems herstellt (siehe die Datei `httpworker.cpp` im Repository):

```
boost::asio::io_context ioc;
```

Auf Anfragen warten

Weil HTTP-Anfragen und -Antworten per TCP transportiert werden, muss ein Webservice auf eingehende TCP-Verbindungen reagieren. Dafür braucht er einen `acceptor`, der innerhalb des definierten `io_context` auf den ebenfalls übergebenen Port des Hosts lauscht:

```
auto host = boost::asio::ip
    ::make_address("0.0.0.0");
uint16_t port = 31337;
tcp::acceptor acceptor(ioc,
    { host, port } );
```

Mit diesem `acceptor` öffnet der Webservice einen Socket, über den er Anfragen von Clients annimmt. Der Socket lebt in der Klasse `HttpWorker`, von der eine `for`-Schleife `numWorkers` Objekte per Inline-Instanziierung mit `emplace_back()` ins Leben ruft und einer Liste hinzufügt (mehr zu `numWorkers` weiter unten):

```
std::list<HttpWorker> workers;
for (int i = 0; i < numWorkers; ++i) {
    workers.emplace_back(acceptor, ...);
    workers.back().start();
}
```

Der `start()`-Befehl startet den jeweils zuletzt hinzugefügten `HttpWorker`. Die Auslassungspunkte (...) sollen hier wie im Folgenden signalisieren, dass eine Funktion weitere Parameter erwartet, diese aber für das Verständnis nicht von Belang sind. Auch viele Fehlerbehandlungen fehlen der Übersichtlichkeit zuliebe.

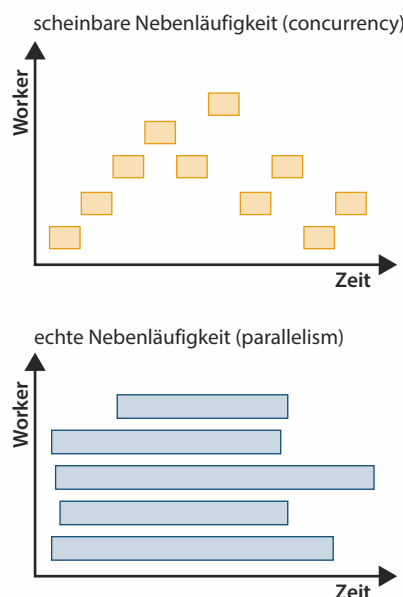
Der Aufruf der Methode `run()` in `server.cpp` startet die Ereignisverarbeitung im `io_context`-Objekt:

```
ioc.run();
```

`run()` kehrt erst zurück, wenn alle asynchronen Operationen im `io_context`-Objekt abgeschlossen sind. Im Webservice geschieht das nie, weil er ununterbrochen auf Anfragen von Clients reagiert.

Concurrency vs. Parallelism

Man unterscheidet zwei Arten von Nebenläufigkeit: scheinbare (engl. concurrency) und echte (engl. parallelism). Boost.Asio unterstützt im Kern nur die scheinbare. Man braucht zusätzlich Threads, um die Verarbeitung in den Workern zu parallelisieren, also ihr zu tatsächlicher Gleichzeitigkeit zu verhelfen.



ct kompakt

- Webservices, die auch bei 10.000 gleichzeitigen Zugriffen nicht die Grätsche machen, verlangen nach einem schlanken, aber stabilen Unterbau.
- C++ als Programmiersprache ist goldrichtig, wenn man keinen Taktzyklus mit Overhead etwa wegen dynamischer Typisierung oder einer virtuellen Maschine verschwenden will.
- Kombiniert man beide Anforderungen, landet man schnell beim Boost-Framework Beast.

Das Starten mehrerer Worker führt nicht automatisch dazu, dass sie der Webservice parallel ausführt, sondern zu sogenannter scheinbarer Nebenläufigkeit (siehe Bild links). Dabei stehen zwar mehrere Worker bereit, aber es arbeitet immer nur einer zurzeit. Zur Veranschaulichung ein Bild aus der realen Welt: Eine Schlosserei hat zwar zwei Schweißer, aber nur ein Schweißgerät.

Um die Verarbeitung zu parallelisieren, startet der Webservice den `io_context` in der gewünschten Anzahl Threads (`numThreads`). Es ist so, als ob die Schlosserei so viele Schweißgeräte dazukaufte, dass jeder Schweißer mit seinem eigenen arbeiten kann.

Da mehrere Threads nur dann parallel laufen können, wenn mindestens so viele CPU-Kerne wie Threads zur Verfügung stehen, ist es sinnvoll, die Anzahl der Threads von der Anzahl der CPU-Kerne (`hardware_concurrency()`) abhängig zu machen:

```
auto numThreads =
    std::thread::hardware_concurrency();
std::vector<std::thread> threads;
for (auto i = 0; i < numThreads; ++i)
{
    threads.emplace_back(
        [&ioc] {
            ioc.run();
        });
}
```

Da es der Schlosserei nicht hilft, wenn sie viel mehr Schweißgeräte als Schweißer

hat, braucht man auch nicht mehr Threads als Worker zu starten. In der Regel gibt es genau so viele `numThreads` wie `numWorkers`, sodass der Webservice so viele Requests parallel abarbeiten kann, wie Worker laufen.

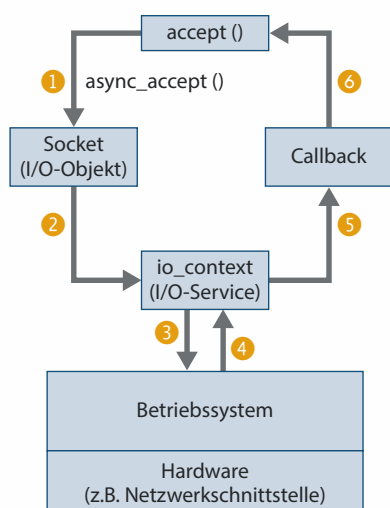
Präparation

Die Vorbereitungen zur Annahme eingehender Requests trifft der `HttpWorker` im Konstruktor:

```
using tcp = boost::asio::ip::tcp;
class HttpWorker
{
public:
    HttpWorker(tcp::acceptor &acceptor,
        ...)
        : mAcceptor(acceptor)
        {}
private:
    tcp::acceptor &mAcceptor;
    tcp::socket mSocket{
        mAcceptor.get_executor()};
}
```

HttpWorker-Kreislauf

Das Callback eines jeden asynchronen Aufrufs lebt zwar im `HttpWorker`, wird aber aus dem I/O-Service (`boost::asio::io_context`) aufgerufen. Der I/O-Service vermittelt I/O-Operationen zwischen Webservice und Betriebssystem. Daraus ergibt sich ein Kreislauf aus Aufrufen, beginnend in der Methode `accept()`, die mithilfe der Beast-Funktion `async_accept()` asynchron auf eingehende Verbindungen wartet.



Er merkt sich die Referenz auf den übergebenen `tcp::acceptor` und erzeugt daraus den `Socket` vom Typ `tcp::socket`, allerdings ohne ihn zu öffnen. Öffnen muss ihn der `HttpWorker` ja erst, wenn ein Client eine Verbindung aufbaut. Achtung, Inkompatibilitätswarnung: In Boost-Versionen vor 1.71.0 ist es nötig, den `Socket` mit `mAcceptor.get_executor().context()` zu initialisieren. Ab 1.71.0 – das ist die für den Webservice mindestens erforderliche Version – muss man nur den `Executor` angeben. Darunter versteht man im Asio-Sprech einen Satz von Regeln, die festlegen, wann, wo und wie eine (asynchrone) Funktion ausgeführt wird [2].

Anfragen annehmen

Der `HttpWorker` reagiert auf eine eingehende Verbindung in der Methode `accept()`, die beim Starten des `HttpWorker` per `start()` aufgerufen wurde:

```
void HttpWorker::accept() {
    beast::error_code ec;
    mSocket.close(ec);
    mBuffer.consume(mBuffer.size());
    mAcceptor.async_accept(
        mSocket,
        [this](beast::error_code ec) {
            if (ec) {
                accept();
            }
            else {
                mReqTimeout
                    .expires_after(Timeout);
                readRequest();
            }
        });
}
```

`mSocket.close()` schließt den `Socket`, falls er noch von vorigen Aufrufen von `accept()` geöffnet ist. `mBuffer` repräsentiert einen Puffer (`boost::beast::flat_buffer`), in dem die vom Client empfangenen Daten landen; vor der Wiederverwendung muss ihn `consume()` leeren.

Nun kann der `acceptor` mit dem Aufruf von `async_accept()` asynchron auf eingehende Anfragen warten. `async_accept()` kehrt also sofort zurück. Trifft eine ein, führt der `acceptor` das `Callback` (im Asio-Jargon „Completion Handler“ genannt) aus.

Ist dabei ein Fehler aufgetreten (`ec` ungleich `0`), startet `accept()` von Neuem. Auch wenn es bei einem flüchtigen Blick auf den Code so aussieht, führt das nicht zu einer Rekursion, weil nicht `accept()`

das `Callback` aufruft, sondern der `io_context`.

Ist kein Fehler aufgetreten, startet das `Callback` einen Countdown und ruft die Methode `readRequest()` auf, um die vom Client gesendeten Daten auszulesen. Zuvor setzt es aber noch ein `Timeout` (voreingestellt sind 60 Sekunden), innerhalb dessen die Anfrage eingetroffen sein muss. Darüber wacht die Methode `checkTimeout()`, die zum Start des `HttpWorker` das erste Mal aufgerufen wird:

```
void HttpWorker::checkTimeout() {
    if (mReqTimeout.expiry() <=
        std::chrono::steady_clock::now()) {
        mSocket.close();
        mReqTimeout.expires_at(
            std::chrono::steady_clock::
                time_point::max());
    }
    mReqTimeout.async_wait(
        [this](beast::error_code) {
            checkTimeout();
        });
}
```

Ist das `Timeout` erreicht, wird der `Socket` geschlossen und das `Timeout` auf unendlich (`time_point::max()`) gesetzt. In diesem Fall wartet das folgende `async_wait()` ewig, es sei denn, zwischenzeitlich trifft eine neue Anfrage ein, womit wieder die in `accept()` gesetzte `Deadline Timeout` gilt.

Auf den Client hören

Bis dahin hat `readRequest()` Zeit, die Daten des Clients einzulesen:

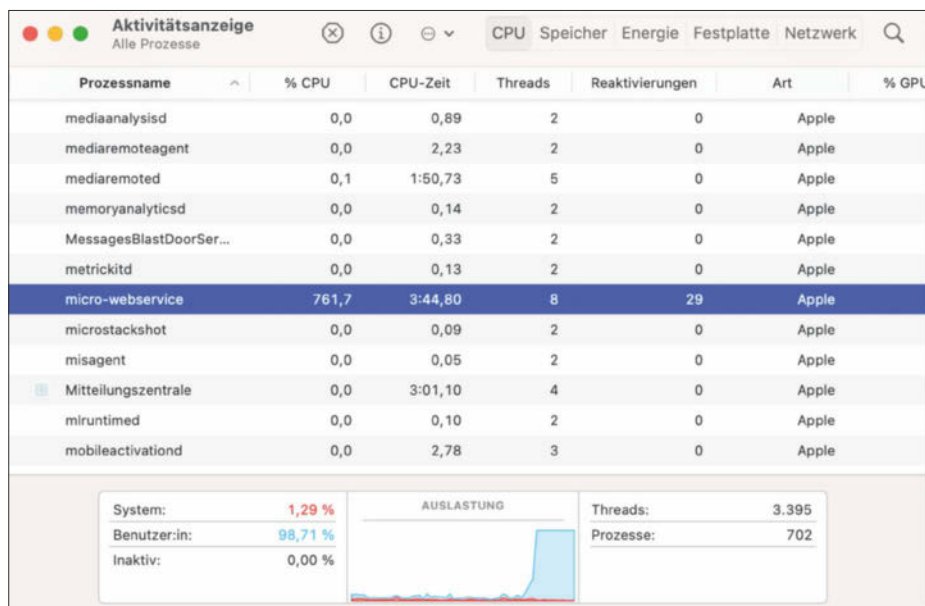
```
void HttpWorker::readRequest() {
    mParser.emplace();
    http::async_read(
        mSocket,
        mBuffer,
        *mParser,
        [this](beast::error_code ec,
            std::size_t) {
            if (ec) {
                accept();
            }
            else {
                processRequest(
                    mParser->get());
            }
        });
}
```

Der `http::request_parser<http::string_body>` in `mParser` verarbeitet die eingehenden Daten (URI, HTTP-Header und

Body) und stellt sie als `http::string_body` bereit.

Der Parser muss über die Methode `readRequest()` hinaus erhalten bleiben, weil ihn das Callback benötigt. Man könnte den Parser dazu etwa per `new` auf dem Heap anlegen – Speicherallokationen und -freigaben sind aber teuer und deswegen nicht ratsam. Oder man legt ihn als Member-Variable an – aber das geht auch nicht, weil er keine Methode wie zum Beispiel `reset()` hat, die seinen Ursprungszustand wiederherstellt; das ist aber nötig, weil das folgende `async_read()` zum asynchronen Einlesen der Daten einen frischen Parser benötigt. Auch auf dem Stack lässt er sich nicht erzeugen, weil dessen Zuweisungsoperator (`operator=()`) als gelöscht (= `delete`) markiert ist. Deshalb platziert `mParser.emplace()` das `request_parser`-Objekt inline in ein `std::optional`. Das ist ein Wrapper für einen nicht zwingend vorhandenen Wert.

Zusätzlich erhält `async_read()` den Socket, von dem die Daten abgeholt wer-



So soll es sein: Weil er parallelisiert ist, läuft der Beispiel-Webservice auf allen acht CPU-Kernen (MacBook Air M2) nahezu am Anschlag, wenn man ihn mit mindestens acht gleichzeitigen Requests dauerbefeuert. An der geringen Systemauslastung erkennt man, dass der Webservice keine Zeit mit I/O verplempernt. ApacheBench erzeugte auf einem separaten Linux-Rechner die Last.



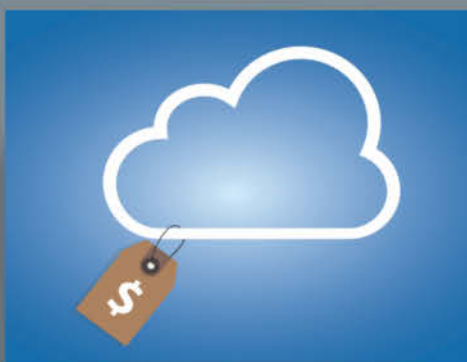
WORKSHOPS 2023



20. – 22. März

Software-defined Storage mit Ceph

Sie lernen selbst einen Ceph Storage Cluster zu installieren, typische Wartungsaufgaben durchzuführen und Ceph in der Praxis einzusetzen.



30. März

Kosteneffiziente Cloudnutzung

Dieser Workshop vermittelt einen umfassenden Überblick über das Kostenmanagement in der Public Cloud. Für die Cloudnutzung im Unternehmen.



3. – 4. April

Terraform: Infrastructure as Code

Anhand praktischer Beispiele und Szenarien wird das automatisierte Erstellen von IT-Infrastrukturen, das Modifizieren und Abbauen behandelt.

den sollen, sowie den bereits erwähnten Buffer, der sie aufnimmt. Sollte bei der Leseoperation ein Fehler aufgetreten sein, verfällt der `HttpWorker` mit dem Aufruf von `accept()` wieder in den Zustand, in dem er neue Verbindungsversuche von Clients annimmt, sonst ruft er `processRequest()` mit dem Ergebnis des Parsers auf (siehe Listing rechts).

Auswerten und antworten

Über `method()` gibt ein `http::request` preis, mit welcher HTTP-Request-Methode die Daten vom Client eingegangen sind (GET, POST, HEAD ...), und über `target()` liefert er den URL-Pfad. Da den Webservice nur HTTP-GET-Requests auf „/test“ interessieren sollen, berücksichtigt `processRequest()` mit der `if`-Abfrage nur diesen Fall (Zeile 5).

Die Membervariable `mResponse` soll die Antwort an den Client enthalten. Sie ist vom Typ `http::response<http::string_body>` – wiederum eingewickelt in ein `std::optional`, weil sie wie der Parser in `readRequest()` im Callback von `http::async_write()` weiterleben soll, nachdem `processRequest()` zurückgekehrt ist.

Da der Server dem Client signalisieren soll, dass seine Anfrage erfolgreich war, setzt er den HTTP-Status-Code auf 200 (`http::status::ok`). Die `http::response`-Methode `set()` legt ein paar Felder im Header der HTTP-Antwort fest (Zeilen 8–10): „text/plain“ als „Content-type“ ist sinnvoll, um dem Client anzuzeigen, dass die Antwort aus reinem Text besteht, wie die Zuweisung von „Hallo, Welt!“ an den Body der Antwort zeigt.

`prepare_payload()` berechnet die Größe des Body in Bytes und befüllt den Header „Content-length“ mit diesem Wert (Zeile 12).

Der `http::response_serializer<http::string_body>` in der Membervariable `mSerializer` baut aus der `http::response` die Payload für das Paket, das `async_write()` an den Client sendet. Nach Abschluss der Schreiboperation schließt das Callback den Socket und versetzt den Serialisierer und das Response-Objekt wieder in den Ursprungszustand. Mit dem Aufruf von `accept()` macht sich der `HttpWorker` bereit für die Annahme neuer Verbindungen – und der Kreis schließt sich.

Hat der Client eine ungültige Anfrage gestellt, generiert `sendBadResponse()` eine Antwort mit dem Statuscode `http::`

```
01 void HttpWorker::processRequest(
02     http::request<http::string_body>
03     const &req)
04 {
05     if (req.method() == http::verb::get && req.target() == "/test") {
06         mResponse.emplace();
07         mResponse->result(http::status::ok);
08         mResponse->set(http::field::server,
09             std::string("Micro server ") + SERVER_VERSION);
10         mResponse->set(http::field::content_type, "text/plain");
11         mResponse->body() = "Hallo, Welt!";
12         mResponse->prepare_payload();
13         mSerializer.emplace(*mResponse);
14         http::async_write(
15             mSocket,
16             *mSerializer,
17             [this](beast::error_code ec, std::size_t) {
18                 mSocket.shutdown(tcp::socket::shutdown_send, ec);
19                 mSerializer.reset();
20                 mResponse.reset();
21                 accept();
22             });
23     }
24     else {
25         sendBadResponse(http::status::bad_request, "");
26     }
27 }
```

Die Methode `HttpWorker::processRequest()` verarbeitet eine Anfrage vom Typ `http::request<http::string_body>`. Wenn deren Methoden `method()` und `target()` die gewünschten Werte liefern, verarbeitet sie die Anfrage, sonst lässt sie sie als „Bad Request“ links liegen. Die Antwort landet per `async_write()` beim Client.

`status::bad_request` anstelle von `http::status::ok`.

Frei lassen

Einen solchen Webservice stellen Sie im einfachsten Fall im Stand-alone-Betrieb bereit, indem Sie ihn per `micro-webservice` aufrufen. Wie Sie das Binary erzeugen, können Sie in der README zum Projekt nachlesen (siehe Repository unter `ct.de/yw4b`).

Nun können Sie den Webservice ausprobieren, zum Beispiel mit `curl` auf der Kommandozeile:

```
curl http://example.com:31337/test
```

Wobei „example.com“ der Name oder die IP-Adresse des Rechners ist, auf dem Sie den Service gestartet haben.

Als Antwort erscheint „Hallo, Welt!“.

Die Kommunikation zwischen Client und Webservice findet allerdings unverschlüsselt statt. Um sie zu verschlüsseln, könnte man den Webservice so modifizieren, dass er TLS-verschlüsselte Verbindungen annimmt. Schicker ist es jedoch, ihn an einen mit TLS-Zertifikaten ausgestatteten Webserver anzukoppeln, der als

Reverse Proxy zwischen Client und Webservice vermittelt [3]. Falls der Service auf demselben Host wie der Webserver läuft, unterbindet man am besten den direkten Zugriff von außen darauf, indem man die Variable `host` auf die IP-Adresse 127.0.0.1 (localhost) setzt.

Was kommt

Zugegeben, das war viel Zeug für ein „Hallo, Welt“-Beispiel. Aber nun haben Sie ein Grundgerüst für einen Webservice in petto, das Sie beliebig erweitern können. Im nächsten Teil dieser kleinen Serie bringen Sie dem Webservice bei, wie er Anfragen im gängigen JSON-Format auswertet und damit antwortet.

(ola@ct.de) 

Literatur

- [1] Boris Schäling, Eins zum anderen, Asynchrone Operationen in C++ mit Boost.Asio, c't 19/2011, S. 172
- [2] Chris Kohlhoff, Executors and Asynchronous Operations: heise.de/s/3B5p
- [3] Pina Mertk, Ausgewildert, Let's Encrypt und Nginx für alle, die nicht alles dockern, c't 27/2018, S. 166

Quellcode bei GitHub: [ct.de/yw4b](https://github.com/ct.de/yw4b)



**Minds
Mastering
Machines**

**Die Heise-Konferenz
zu Machine Learning und
Künstlicher Intelligenz**

**9. – 11. Mai 2023
in Karlsruhe**

Die Konferenz zu Machine Learning und KI

Die Minds Mastering Machines ist die Konferenz für Fachleute, die Machine-Learning-Projekte in die technische Realität umsetzen.

Das Programm bietet an zwei Tagen 36 Vorträge unter anderem zu folgenden Themen:

- ✓ Resilientes Machine Learning
- ✓ Komplexität in ML-Projekten reduzieren
- ✓ Kontinuierliches Training mit Active-Active-Architekturen
- ✓ Large Language Models auf eigene Daten anwenden
- ✓ Data-Science-Teams mit Kubeflow skalieren
- ✓ Föderiertes Lernen
- ✓ MLOps mit Argo und Kubernetes
- ✓ Erkennen von Bildmanipulationen

www.m3-konferenz.de

**Jetzt
Tickets
sichern!**

Veranstalter



Geld verdienen im Cyberspace

2007 berichtete c't über den Hype um Second Life



Das Metaversum, eine computergenerierte Parallelwelt, ist spätestens seit Zuckerbergs Engagement und der Umbenennung seines Unternehmens in „Meta“ in aller Munde. Der weltweite Hype begann bereits 2006 mit „Second Life“. 2007 analysierte die c't: In der Second-Life-Welt geht es vorwiegend ums Geschäfte machen.

Von Rudolf Opitz

Das US-Unternehmen Linden Labs hatte Second Life bereits 2003 gestartet, was zunächst nur von wenigen beachtet wurde. Der Standardzugang war gratis, ebenso wie die nötige Clientsoftware. Neubewohner beschäftigen sich zunächst ausführlich mit dem Design ihres Avatars. Danach teleportiert man ihn zu einem Ort, wo etwas los ist. Doch selbst 2007 auf der Höhe des Hypes trafen Neugierige dort vorwiegend auf Marketingspezialisten. Es geht ums Geldverdienen mit virtuellen und realen Gütern. Nico Nowarra schrieb in seinem c't-Artikel „Wo Linden-Dollars regieren“:

„Das kann jeder – so die oft gehörte Second-Life-Version des amerikanischen Traums: zum findigen Unternehmer werden und mit irgendwas, das man von Avatar zu Avatar für Linden-Dollars (abgekürzt L\$) versetzen kann, schnell und unkompliziert ans große Geld zu kommen.“

Die Linden-Dollars gehören zu den frühen virtuellen Währungen, die gekauft und in reales Geld getauscht werden können. Im Frühjahr 2007 lag der offizielle Kurs bei 268 L\$ für einen Euro, heute bekommt man pro Euro 341 L\$. Unternehmer, die Filialen im

virtuellen Raum errichten wollen, brauchen einen kostenpflichtigen Premium- oder Premium-Plus-Account, der aktuell zwischen 5,50 und 30 US-Dollar pro Monat kostet. Dafür können sie in der Second-Life-Welt – im Fachjargon das „Grid“ genannt – Land erwerben. Dort baut der Unternehmer Geschäfte, Clubs oder Vergnügungsparks und lässt sich den Besuch mit Linden-Dollars bezahlen. Nowarra schrieb 2007:

„Legendenartige Informationen über Einzelpersonen, die durch virtuellen Handel im realen Leben zu Millionären geworden sein sollen, werden getreulich von einem Zeitungsartikel zum nächsten weitergereicht. Niemand kann diese Geschichten überprüfen – auch unser Versuch, dies zu tun, schlug fehl.“

Der Traum vom im virtuellen Raum erworbenen Reichtum ist für viele ein

Traum geblieben, doch lockte Second Life Kreative an, die Kunstwerke schufen oder für Avatare Kleidung und Frisuren designten. Doch entwickelte sich die kommerzielle VR in eine wohlbekannte Richtung: **„[...] hier fühlt sich mancher Neuling bei seiner Ankunft zunächst an Bahnhofsviertel in Großstädten erinnert: Auf der einen Seite Sexshops und Ramschläden sowie Betriebe des virtuellen horizontalen Gewerbes, auf der anderen Shopping-Paradiese mit Kaufhäusern, Modeboutiquen und Cafés.“**

Eine Haupteinnahmequelle für L\$ war zunächst das Glücksspiel mit Casinos und Wettbüros, doch untersagte Linden Labs dieses ab Ende Juli 2007. Das führte prompt zur ersten virtuellen Bankpleite: Die bereits 2004 gegründete Ginko Capital konnte dem nach dem Glücksspielverbot einsetzenden Bankansturm nicht standhalten und die geforderten 50 Millionen L\$ (damals knapp 180.000 US-Dollar) nicht bereitstellen. Rechtsanwalt Andreas Lober berichtete in der c't 24/2007: **„Die ‚AvaStar‘, Axel Springers Blatt in Second Life, titelte in bester Boulevardmanier ‚Banken-Skandal erschüttert SL‘ und spekulierte über frisierte Unternehmenskennzahlen.“**

Anfang 2007 meldete Linden Labs 4,3 Millionen Second-Life-Bewohner, zum 15-jährigen Bestehen 2018 nannte man 54 Millionen Accounts. Die Zahl der regelmäßigen Nutzer war aber stets bedeutend kleiner und soll spätestens seit 2016 stetig zurückgegangen sein. Auch wurden viele Projekte nach und nach eingestellt, wie 2011 die Gemäldegalerie der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden. Im Schulunterricht setzte sich später eine kindgerechtere virtuelle Welt durch: Minecraft.

(rop@ct.de) **ct**

Second-Life-Artikel 2007: [ct.de/yweh](https://www.heise.de/cit/de/yweh)



Nico Nowarra berichtete in der c't 7/2007 über das Metaversum Second Life und die Währung Linden-Dollar.

Report | Simulations-Community



Nico Nowarra

Wo Linden-Dollars regieren

3D-Chat-Plattform und Nicht-Rollenspiel:
Medienliebling Second Life

Kaum ein Tag in den letzten Monaten verging, an dem Fernsehen, Rundfunk, Print-Magazine, Online-Medien und sogar biederere Tageszeitungen nicht irgendetwas über Second Life veröffentlicht hätten. Doch wer sich auf der Simulations-, Chat- und Geschäftsplattform mit ihren angeblich 4,3 Millionen Bewohnern umsieht, stellt fest, dass nur sehr wenige davon wirklich aktiv sind. Viele der Avatare, denen man begegnet, gehören Leuten aus Werbung und Marketing – die meisten davon sind im gewöhnlichen Leben damit beschäftigt, Unternehmen eine Präsenz in Second Life zu verschaffen. Und kaum jemand behauptet, das Treiben dort mache großen Spaß – viel öfter heißt es hingegen: „Da musst du hingehen, denn da wird richtig Geld verdient.“

Es herrscht Goldgräberstimmung in der Online-Welt von Second Life [1] – so hört man es allerorten. Die bereits 2002 von dem in San Francisco, USA, ansässigen Unternehmen Linden Labs geschaffene Mischung aus 3D-Chat, Handelssystem und technischem Online-Rollenspielgerüst mit veränderbarer Umwelt führte zunächst jahrelang ein Mauerblümchendasein, bis sich Mitte 2006 die Massenmedien darauf stürzten. Bekannte Unternehmen wie IBM,

Coca-Cola und adidas verschafften sich einen Sitz in der virtuellen Welt und engagierten sich dort mit viel Werbung und dem Verkauf virtueller Dinge.

Das kann jeder – so die oft gehörte Second-Life-Version des amerikanischen Traums: zum findigen Unternehmer werden und mit irgendetwas, das man von Avatar zu Avatar für Linden-Dollars (abgekürzt L\$) versetzen kann, schnell und unkompliziert ans große Geld kommen. Denn die virtuelle

Währung lässt sich beim „Linden Dollar Exchange“ (Lindex) im System nicht nur per Kreditkarte oder über PayPal für reales Geld erwerben, sondern auch gegen solches verkaufen.

Der offizielle Kurs für den Einkauf lag zum Redaktionsschluss bei 268 L\$ für einen Euro, im Rücktausch bringen wiederum 375 L\$ einen Euro. Auf Online-Marktplätzen wie eBay kann man die virtuelle Währung direkt von Teilnehmern etwas billiger übertragen bekommen.

Wer in der Second-Life-Welt, dem sogenannten Grid, Land erwerben will, um beispielsweise ein Unternehmen dort aufzuziehen, muss statt des kostenlosen Basis-Accounts einen Premium-Account eröffnen, den Linden Labs sich mit umgerechnet rund 7,60 Euro pro Monat bezahlen lässt. Aber dann, so liest man, steht dem ungehemmten Fluss der Linden-Dollars nichts mehr entgegen.

Und der technische Zugang gestaltet sich einigermaßen problemlos. Der kostenlos herunterzuladende Client, den der Hersteller Anfang Januar als Open-Source-Software unter der GNU-GPL 2 freigegeben hat [2], ist für Windows-, Mac- und Linux-Nutzer gleichermaßen verfügbar.

Spiel ohne Ziel?

Die Idee, mit virtuellen Gütern aus Online-Welten echtes Geld zu verdienen, gibt es seit langem auch anderswo: Schon das 1999 gestartete Online-Fantasy-Rollenspiel Everquest kannte einen regen Handel mit Gegenständen, die zur Verbesserung der Spielcharaktere dienten.

Auch das derzeit größte und bekannteste Spiel des MMORPG-Genres, „World of Warcraft“ (WoW), weist einen integrierten Markt für virtuelle Items auf. Wer beim deutschen eBay-Zweig den Spielertitel als Suchbegriff eingibt, wird mit Angeboten zu „Gold“, der WoW-Währung, sowie kompletten Spiel-Accounts einschließlich der dazugehörigen Charaktere, ihrer Erfahrungswerte und Gegenstände nur so überhäuft.

Obgleich Linden Labs selbst Second Life als „Game“ bezeichnet, möchten gerade besonders aktive Teilnehmer keineswegs Spieler genannt werden. Für sie ist das Ganze eine zutiefst ernste Angelegenheit; sie betrachten die Welt der Avatare als Social Software oder gar als eine ganz eigene, revolutionierte Art des Internet.

Wer sich Second Life mit den Augen eines Spieltesters nähert, sieht viel Enttäuschendes: eine etwa gegenüber WoW technisch vorsintflutlich anmutende Darstellung ohne fortschrittliche Grafikeffekte, mit größtenteils reizloser Umweltdarstellung und grob geschnittenen Avataren in ziemlich einheitlicher Größe. Der Ablauf hakelt und „laggt“ immer

c't 2007, Heft 7



Ein Rapper aus der Maschine? Das ist keine Zukunftsmusik mehr, sondern bereits Realität. Mithilfe von ChatGPT und ElevenLabs kann jeder einen Text reimen und von einer realistisch klingenden Stimme rappen lassen.

Von Hartmut Gieselmann

Bei einem Live-Set von Star-DJ David Guetta war plötzlich die Stimme von Eminem zu hören. Das Publikum reagierte begeistert auf das bis dahin unbekannte Songfragment. Der Clou: Eminem hatte die Worte nie gesprochen. Stattdessen hatte Guetta sie täuschend echt von einer künstlichen Intelligenz formulieren und sprechen lassen.

Obwohl Guetta nicht verriet, welche Software er benutzte, gehen wir davon aus, dass er den Text von ChatGPT erzeugen ließ und anschließend mit der Sprach-Engine von ElevenLabs vertonte. Diese Programme sind für jedermann frei verfügbar, sodass auch Sie einen Rap-Song zu Hause nachbauen können. Wir zeigen Ihnen, wie das geht und welche Tools Sie dafür benötigen.

Neben ChatGPT und einem Account bei ElevenLabs benötigen Sie eine App zur Musikproduktion (DAW) wie Steinbergs Cubase oder Apples Logic Pro X. Besonders gut eignen sich Ableton Live oder auch Bitwig Studio, weil man dort mit der Warp-Funktion das Tempo und den Rhythmus der KI-Stimme sehr einfach an den Beat anpassen kann. Zur Not geht es auch mit kostenlosen Programmen wie Garage Band, Cakewalk oder Waveform sowie abgespeckten Programmen, die vielen Audio-Interfaces beiliegen. Funktionen wie Timestretching oder Tonhöhenkorrektur müssen Sie dort aber eventuell per Plug-in nachrüsten. Eine Liste aller in diesem Artikel erwähnten Programme haben wir unter ct.de/zyzk zusammengestellt.

Ran an den Text

Zuerst haben wir ChatGPT gebeten, einen Text im Stil von Grandmaster Flash, einem der frühen Hip-Hop-Stars aus New York, zu erstellen. Als Alternative können Sie ChatGPT einen beliebigen Sprachkünstler

KI rappt wie Eminem

Wie man mit Chatbots und Sprachtools einen Rap-Song produziert

Bild: KI Midjourney | Bearbeitung: c't

Ihrer Wahl nennen und ein beliebiges Thema hinzufügen, zum Beispiel: „Schreib mir einen Song im Stil von Ice-T über das Leben in der Bronx in englischer Sprache.“ ChatGPT schreibt zwar auch deutsche Raptexte, aber die besonders authentisch klingenden KI-Stimmen von ElevenLabs sprechen bisher nur Englisch.

Schon mit einer knappen Beschreibung kommen erstaunliche Ergebnisse heraus. Allerdings neigt ChatGPT zu Klischees – schließlich wählt das Sprachmodell seine Worte nach Wahrscheinlichkeiten aus. Um das Ergebnis zu verbessern, können Sie ChatGPT genauere Anweisungen geben. Schreiben Sie das Thema und alle relevanten Punkte in Stichworten auf. Geben Sie dem Modell die Struktur mit Refrain und beispielsweise vier Strophen vor oder lassen Sie es einen Beispieltext lesen, an dessen Struktur es sich orientieren soll.

Sie können ChatGPT sogar nach typischen Reimformen in einem Rap fragen und diese vorgeben, zum Beispiel Endreime, Binnenreime oder Assonanzen. Ein möglicher Prompt wäre dann: „Schreibe einen Rap-Text über das Leben im Ghetto und folgender Reimform: ABAB“ Sie können auch komplizierte Formen wie AB-ACADAE nennen.

Ein anderer wichtiger Parameter ist die Temperatur. Sie bestimmt, wie vielfältig und unvorhersehbar ChatGPT seine

Reime auswählt. Bei Werten um 0,5 hält es sich enger an die Vorgaben. Gibt man Temperaturen über 1,0 an, weicht das Modell stärker ab und produziert blumigere und abwechslungsreichere Texte, zum Beispiel: „Schreibe einen Rap-Text über Liebe mit einer Temperatur von 2,0.“

Wenn Ihnen der Refrain oder einzelne Strophen nicht gefallen, weisen Sie ChatGPT darauf hin und sagen ihm, wie er die Zeilen ändern soll. In einem iterativen Prozess entsteht so nach einigen Durchgängen ein funktionierender Text, der genau Ihren Vorstellungen entspricht.

Das einzige Manko, das die Texte von echten Rapper-Rhymes unterscheidet, sind die sehr rigiden Content-Filter. Sie verbieten ChatGPT, andere Personen zu dissen oder vulgäre Texte zu schreiben. Ruppigen Gangsta-

Rap kann das Modell nicht imitieren. Sie können solche Vokabeln aber von Hand in den Text einfügen. Denn ElevenLabs filtert bei der späteren Sprachgenerierung keine Schimpfwörter heraus.

Vom Text zur Sprache

Gefällt Ihnen der Text, wandert die erste Strophe in die Text-to-Speech-Engine von ElevenLabs, die erstaunlich natürlich wirkende Satzmelodien erzeugt. Nach der Auswahl einer der neun vorproduzierten Sprecherinnen und Sprecher – zum Beispiel Arnold – und einem Klick auf den

c't kompakt

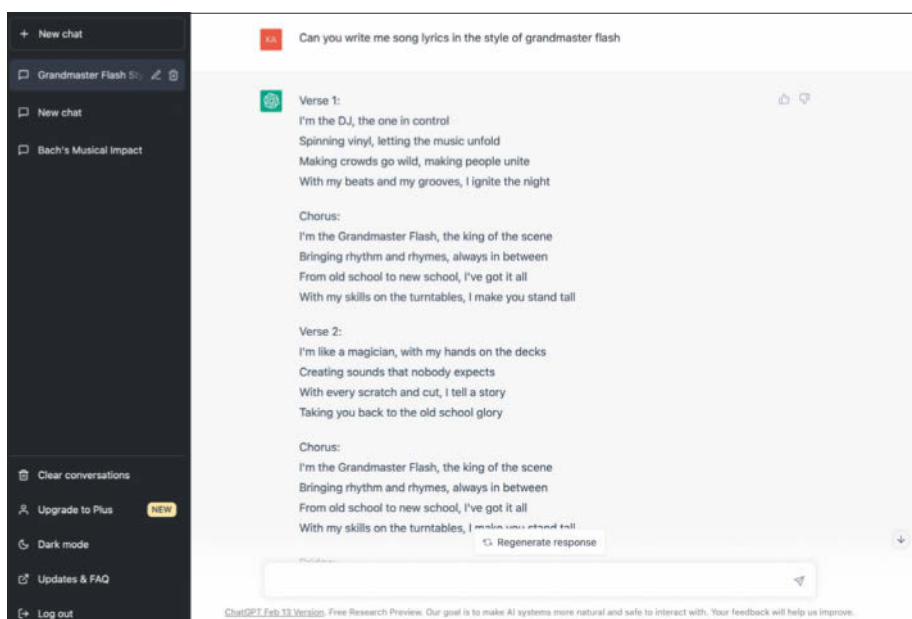
- ChatGPT reimt auf Kommando Rap-Texte, die ElevenLabs anschließend auf Englisch vertont.
- Sie können auch Ihre eigene oder andere Stimmen klonen, die Ergebnisse sind allerdings noch nicht perfekt.
- In einer Musiksoftware passen Sie die Sprachsamples an einen Beat an und veröffentlichen den Song auf Soundcloud oder Spotify.

Generate-Button laden Sie die fertige Audiodatei im MP3-Format herunter.

Am besten erzeugen Sie jede Strophe und jeden Refrain einzeln und ergänzen am Ende jeder Zeile einen Punkt. Eine solche Aufteilung erleichtert später im Arrangement die Zuordnung der einzelnen Parts (1. Strophe, 2. Strophe, Refrain 1, Refrain 2, Bridge). Außerdem wirkt der gesprochene Text dadurch lebendiger, da die Sprachausgabe bei jedem Durchgang etwas anders klingt und Betonungen variiert. Das gilt vor allem, wenn Sie ein wenig mit den Parametern „Stability“ und „Clarity“ experimentieren. Sie beeinflussen die Balance zwischen Lebendigkeit und Stimmkonsistenz. Auch wenn die Refrains immer den gleichen Text haben, sollten Sie jede Wiederholung neu erzeugen. Möchten Sie es besonders gut machen, generieren Sie jeden Abschnitt des Songs mindestens zweimal. So können Sie verschiedene Takes auswählen und später im Musikprogramm einzelne Wörter doppeln, um sie zu betonen.

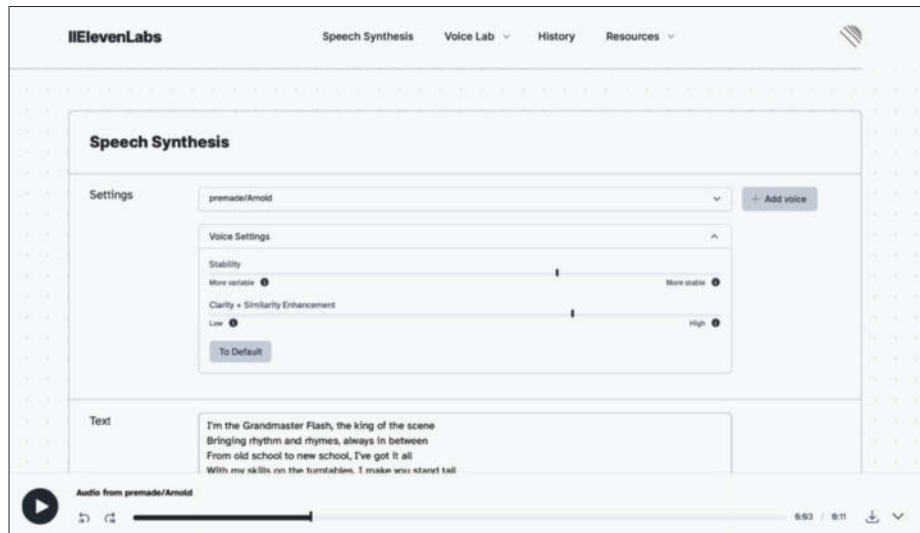
Mit einem kostenlosen Konto bei Eleven Labs können Sie nur 10.000 Zeichen Text pro Monat aufnehmen. Das entspricht etwa vier vollgeschriebenen DIN A4-Seiten. Lässt man einen kompletten Songtext mehrmals einsprechen – unser Grandmaster-Flash-Text hatte bereits 1300 Zeichen – ist das Kontingent schnell erschöpft.

Wollen Sie mehr Text generieren, sind die Kosten moderat. Schon für 5 US-Dollar können Sie 30.000 Zeichen pro Monat sprechen lassen und sogar bis zu zehn Stimmen klonen. Dazu benötigen Sie ein bis fünf Minuten ungestörte Sprachaufnahme mit einem Text Ihrer Wahl. Das kann Ihre eigene Stimme sein, die Sie möglichst mit einem



ChatGPT produziert bereits auf Zuruf passable Songtexte.

Mit zusätzlichen Vorgaben können Sie die Reime und Inhalte weiter verbessern.



Die Text-to-Speech-Engine von ElevenLabs lässt sich mit wenigen Handgriffen konfigurieren und liefert eine erstaunlich menschlich klingende Sprachausgabe.

guten Mikrofon in einem gedämpften Raum mit wenig Hall aufnehmen. Spricht jemand anderes, müssen Sie jedoch rechtliche Bestimmungen beachten (siehe Kasten).

Die Stimmen, die auf der Grundlage von mindestens einminütigen Samples erstellt werden, klingen zwar nicht schlecht, können sich aber nicht mit den vorproduzierten Sprechern messen. Sie reichen durchaus, um eine kurze Zeile von Eminem zu imitieren, nicht aber einen ganzen Song mit längeren Strophen. Dazu klingen die schnell generierten Klone zu künstlich und entwickeln keinen guten Flow.

Wer eine Stimme perfekt imitieren will, muss sich an ElevenLabs wenden und ein spezielles Training absolvieren. Preise kommuniziert die Firma nicht öffentlich.

Von der Sprache zum Beat

Wer alle gesprochenen Strophen und Refrains heruntergeladen hat, importiert die Sprachsamples in sein Musikprogramm. Das geht bei allen Apps per Drag & Drop. Falls Ihr Programm keine MP3-Dateien akzeptiert, konvertieren Sie die Dateien mit einem kostenlosen Editor wie Ocenaudio in ein kompatibles Format.

Nun sollten Sie zunächst ein Grundtempo finden, das auf den KI-Rap passt. Die einfachste Methode hierfür: Werfen Sie einen Drumloop Ihrer Wahl auf eine freie Spur in Ihrer Musiksoftware und hören Sie sich an, ob Stil und Tempo von Beat und Rap zueinander passen.

Haben Sie Tempo und Beat gefunden, müssen Sie das Timing anpassen, damit Groove und Flow entstehen. Nehmen Sie ein kürzeres Songfragment, zum Beispiel

eine kurze Strophe. Hören Sie sich den Text genau an und entscheiden Sie, wo die erste Zählzeit des ersten Taktes liegen soll. Bei „When I wake up in the morning“ zum Beispiel wird die Eins sehr wahrscheinlich auf „wake“ stehen. „When I“ dient dann als Auftakt.

Richten Sie nun die Audiodatei im Arrangement so aus, dass diese Eins tatsächlich der Eins eines Taktes in der Timeline entspricht. Dazu kann es notwendig sein, das Raster des Sequenzers für die Rap-Spur vorübergehend auszuschalten, um den Part frei und unabhängig von Zählzeiten zu verschieben. Experimentieren Sie mit leichten Tempoänderungen. Probieren Sie auch aus, wie es klingt, wenn Sie den Rap etwas nach vorne oder hinten ziehen.

Verfügt Ihre Software über eine Warp-Funktion wie Ableton Live, können Sie

sogar das Timing einzelner Silben an den Beat anpassen. Dabei ist Vorsicht geboten, sonst klingt der Sprechrhythmus zu künstlich. Alternativ können Sie Wörter auseinander schnipseln und passende Pausen erzeugen. Es reicht völlig aus, eine grobe Übereinstimmung zu erzielen. Gerade Anfänger sollten der Versuchung widerstehen, jede Silbe zu verändern, da das Ergebnis am Ende womöglich noch gekünstelter klingt als vorher.

Stimmbearbeitung

Ein Problem aller KI-Stimmen: Sie kommen ziemlich glattgebügelt aus dem Algorithmus. Auf Sprechrhythmus, Pausen und Betonung hat man kaum einen Einfluss. Selbst wenn die Stimmen die Texte nicht einfach nur runterleiern, sprechen Sie alles mit einer ähnlichen Dynamik und Tonlage. Hinzu kommt, dass diese Stimmen auf Verständlichkeit und nicht auf eine rotzige Street-Credibility getrimmt wurden.

Um die KI-Stimmen etwas kerniger klingen zu lassen, können Sie ein paar einfache Tricks anwenden, die fast jede DAW bereithält. Der erste heißt Pitch Shifting: Damit die Rapper etwas sonorer klingen, senken Sie die Tonhöhe einfach um ein bis zwei Halbtöne ab. Das kann mittlerweile jedes Musikprogramm, ohne dass es zu sehr nach Kirmesmonster klingt. Wenn sich dabei ein bisschen „Dreck“ einschleicht – umso besser.

Ein weiterer Tipp: Verändern Sie die Formantenstruktur, also die Obertöne der Singstimme. Viele Apps bieten spezielle Parameter an, um ins Material einzugreifen. In Cubase geht das zum Beispiel ohne viel Aufhebens in der Sampler-Spur oder im Audio-Editor mit aktiviertem Vari-

Wem gehört die KI-Stimme?

Die von ChatGPT erzeugten Texte genießen grundsätzlich keinen Urheberrechtsschutz. Denn dieser gilt nur für Werke, die von Menschen geschaffen wurden. Die generierte Stimme kann jedoch unter den Schutz der Leistungsschutzrechte fallen. Die Sprachgeneratoren gehören dem Anbieter. Dieser bestimmt, in welchem Rahmen der Nutzer das Produkt nutzen darf. Wer beispielsweise die von ElevenLabs generierten Stimmen in kommerziellen Songs verwenden will, muss ein Abonnement für mindestens 5 US-Dollar pro Monat abschließen.

Möchten Sie ein künstliches Stimmprofil neu anlegen, ist es wichtig, dass Sie die Rechte des Eigentümers der Stimmvorlage respektieren. Ärger kann sich einhandeln, wer eine solche künstliche Stimme in Täuschungsabsicht einsetzt – sei es, um eine Person durch untergeschoebene Äußerungen zu diskreditieren oder um mit dieser Stimme Geld zu verdienen. Schließlich kann man den synthetischen Stimmen jedes Wort ohne Filter in den Mund legen. David Guetta hat deshalb den Eminem-Klon nicht kommerziell veröffentlicht.

Audio (die Melodyne-Variante in Cubase). In Garage Band erzielen Sie einen ähnlichen Effekt, wenn Sie das Exciter-Plug-in verwenden und eine Frequenz um 200 Hz um mindestens 50 Prozent anheben. Die genaue Dosierung finden Sie durch Ausprobieren heraus.

Ein wichtiger Trick ist, bestimmte Wörter zu verdoppeln, um sie stärker zu betonen. Laden Sie dazu die doppelt generierten Sätze aus ElevenLabs als alternativen Take in eine zweite Gesangsspur und schneiden die Wörter aus, die besonders viel Druck erzeugen sollen. Wenn Sie nun beide Spuren leicht im Stereopanorama verschieben, klingt die Stimme schon deutlich fetter. Allerdings sollten Sie die beiden Spuren nicht zu weit voneinander trennen, da es immer noch nach einem einzelnen Rapper klingen soll.

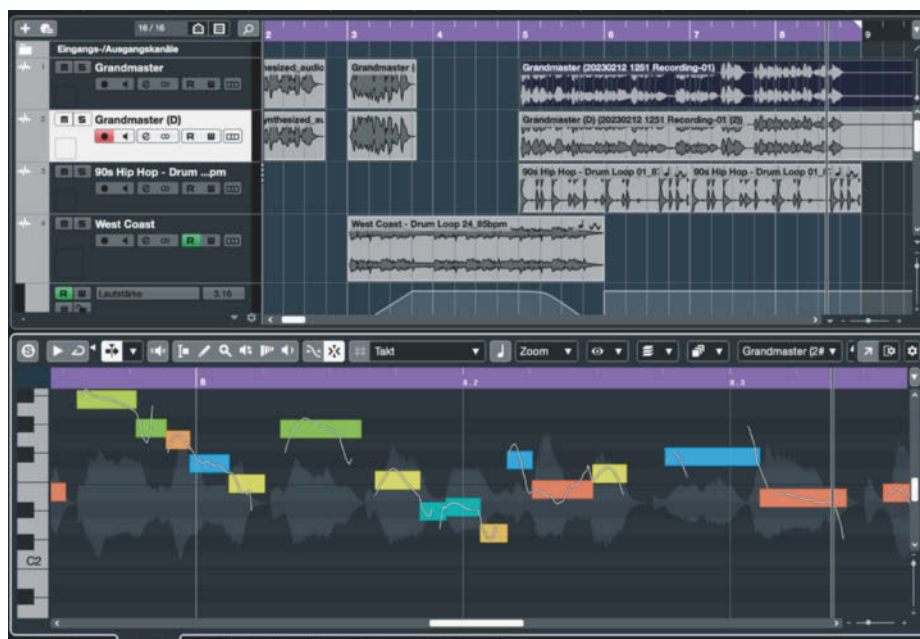
Im Unterschied zu echten Sprachaufnahmen klingen die maschinellen Raps bereits sehr homogen. Daher ist es kaum nötig, die Aufnahmen mit einem Equalizer oder Kompressor zu bearbeiten. Es gibt weder störende Resonanzen, die Sie unbedingt mit einem Equalizer abschwächen müssen, noch Lautstärkeschwankungen, die ein Kompressor ausgleichen sollte.

Allerdings kann es nicht schaden, den etwas sterilen digitalen Klang mehr zu sättigen und leicht zu verzerren. Cubase-Benutzer können dies zum Beispiel mit dem Plug-in „Da Tube“ erreichen. In Garage Band lohnt es sich, mit den neuen Gitarreneffekten zu experimentieren.

Vorsicht ist generell bei Hall und Echo geboten. In Popsongs verleiht man mit diesen Effekten normalen Gesangsstimmen räumliche Tiefe. Im Rap steht jedoch die Sprachverständlichkeit an erster Stelle: Die Stimmen sollten möglichst trocken klingen. Mischen Sie deshalb der Rap-Stimme höchstens in homöopathischen Dosen einen kurzen Raumhall oder ein leichtes Echo bei.

Der fertige Song

Aus Platzgründen können wir hier nicht die komplette Musikproduktion erklären. Wenn der Beat und die Rap-Spur stimmen, fügen Sie weitere Instrumente nach eigenem Gusto hinzu. Genretypisch ist hier weniger oftmals mehr. In den meisten Fällen reicht ein einfacher Bass-Groove für die Strophen und vielleicht noch ein paar zusätzliche Gitarren oder Synthesizer für den Refrain. Wer kein Instrument spielt, findet eine große Auswahl an so-



Mit den computergenerierten Stimmen arbeiten Sie in einer DAW genauso wie mit anderen Audioloops. In Cubase kann der Formant-Parameter von VariAudio die Stimme authentischer wirken lassen.

genannten Loops oft als Beilage zu Musikprogrammen oder bei Anbietern wie Loopmasters, die einzelne Samples für ein paar Cent verkaufen.

Die fertigen Songs rendern Sie als WAV- und oder MP3-Datei heraus. Diese können Sie kostenlos auf Plattformen wie Soundcloud verbreiten oder über Dienstleister wie Distrokid für eine geringe Jahresgebühr von rund 20 Euro auf Musikplattformen wie Spotify, iTunes und YouTube veröffentlichen. Denken Sie aber daran, sich nicht ungefragt mit fremden Federn von geklonten Celebrities zu schmücken, sonst droht Ihnen juristischer Ärger.

Ausblick

Mit ChatGPT und den vorgefertigten Stimmen von ElevenLabs produzieren bereits Einsteiger erstaunlich gut klingende Raps. Ein Beispiel, das wir für diesen Artikel produziert haben, können Sie sich unter ct.de/yzyk anhören.

Die fehlende Kontrolle über den Duktus schränkt die Arbeit mit Sprach-KIs allerdings ein: Welches Wort bekommt einen Akzent, klingt sanft, zärtlich oder aggressiv? ElevenLabs steuert all dies automatisch. Der Nutzer hat keine Möglichkeit, diese für den Ausdruck essenziellen Parameter manuell zu verändern. Realistisch wirkende Korrekturen sind in den fertigen Sprachsamples kaum möglich.

Generell fällt es künstlichen Stimmen leichter, einen Text zu sprechen als zu sin-

gen. Hier verhält sich die KI ähnlich wie der Mensch: Beim Sprechen wie beim Singen muss der Stimmapparat Luft aus den Lungen über Kehlkopf und Stimmbänder in Resonanzräume (Torso, Kopf, Nasenhöhlen etc.) leiten. Das Ergebnis ist umso überzeugender, je besser der Sänger die beteiligten Bereiche kontrolliert.

Im Gegensatz zum Sprechen geht es beim Singen jedoch nicht nur um die reine Lautbildung, sondern auch um definierte Tonhöhen, also um Wellenformen mit einer dominanten Grundschiwingung. Beim Kammerton A sind das beispielsweise 440 Hz. Um die Töne zu treffen, müssen Sänger üben.

Aber selbst die beste Gesang-KI bildet den komplexen menschlichen Resonanzraum und die frequenzabhängigen, fließenden Verschiebungen der Formanten derzeit nur rudimentär nach. Deshalb sind künstliche Rapper sehr viel einfacher zu produzieren als künstliche Sänger.

Könnte eine KI das nächste Album von Eminem rappen – und keiner würde es merken? Trotz der erstaunlichen Fortschritte von ChatGPT und ElevenLabs ist es bis dahin noch ein weiter Weg. So wie Drumcomputer kein Ersatz für echte Schlagzeuger sind, sondern vielmehr die Grundlage für neue Genres, finden auch KI-Stimmen ihren Platz im Werkzeugkasten der Musikproduzenten.

(hag@ct.de) **ct**

Tools und Beispiel-Rap: ct.de/yzyk



Bild: KI Midjourney | Bearbeitung: ct

Necromancer: Finale

Hacking-Knobelaufgaben in virtuellen Maschinen lösen

Die virtuelle Maschine Necromancer enthält Hacking-Rätsel, vier davon haben Sie schon kennengelernt. Nun zieht der Schwierigkeitsgrad an. Im zweiten Teil der Reihe lösen wir die verbliebenen sieben Aufgaben.

Von Wilhelm Drehling

Einer der unterhaltsamsten Wege Hacken zu üben, ist mit präparierten virtuellen Maschinen (VM). Hacker entwickeln sie, damit man darin gefahrlos Tools testen und Angriffe ausprobieren kann. Eine dieser VMs ist der Necromancer. Diese verfolgt aber eher einen spielerischen Ansatz und verlangt keine Vorkenntnisse im Ausnutzen von Sicherheitslücken. Die Ziel-VM läuft mit dem Angriffswerkzeug Kali Linux in einem internen Netzwerk [1] innerhalb VirtualBox, das den gesamten Hacking-Prozess vom

restlichen Computer abschirmt. So hacken Sie gefahrlos und sicher offline, ohne dass Ihre Angriffe in die freie Welt ausbrechen. Der Artikel dazu steht kostenlos zur Verfügung (siehe ct.de/ywaw).

Der Necromancer bewahrt insgesamt elf Flaggen auf, die es einzusammeln gilt. Jede einzelne erfordert dafür das Lösen eines Hacking-Rätsels, das mal größer, mal kleiner ausfällt. Den Lösungsweg zu den ersten vier haben wir in [2] ausführlich beschrieben. In diesem Artikel erfahren Sie, wie Sie die restlichen sieben Flaggen

erobern, um den Necromancer endgültig zu besiegen.

Sie können den Artikel auch nachvollziehen, ohne live am Computer zu sitzen. Wer dagegen mitknobeln möchte, sollte zuerst den ersten Artikel durcharbeiten und anschließend mit diesem fortfahren. Sollten Sie die ersten vier Flaggen schon erobert haben und Necromancer neu starten, dann müssen Sie wieder von vorne anfangen, weil sich die VM zurückgesetzt hat.

Was bisher geschah

Der Necromancer lebt in einer virtuellen Maschine mit der IP-Adresse 10.10.1.4. Im Verlauf des ersten Artikels sind Sie bis zu seiner Höhle vorgedrungen und konnten ein paar seiner Schutzmauern einreißen. Ein Talisman rettete Ihnen beim ersten Aufeinandertreffen das Leben:

You fall to your knees.. weak and weary. Looking up you can see the spell is still protecting the cave entrance. The talisman is now almost too hot to touch! (...)

Hier stehen Sie nun, die vierte Flagge `flag4{ea50536158db50247e110a6c89fcf3d3}` in der ersten Hand, den Hinweis zur nächsten „Chant these words at u31337“ in der anderen. Vor Ihnen wartet der Necromancer und noch sieben Flaggen, um die Maschine zu bezwingen.

Schwarze Magie

Bei den ersten paar Rätseln gehörte es zum üblichen Prozedere, mit dem Tool **netcat** Zeichenketten an Ports zu senden oder Botschaften zu empfangen. Der neue Hinweis klingt ganz danach, als müssten Sie auch hier wieder den Inhalt der Flagge zum UDP-Port 31337 rüberträllern. Also flugs mit `nc -nuv 10.10.1.4 31337` eine Verbindung zu dem Port aufgebaut und den Inhalt der Flagge dorthin gesendet – doch egal was Sie eintippen, der Necromancer reagiert nicht.

Vermutlich besteht das Lösungswort nicht aus der rohen Flagge, sondern aus ihrem dekodierten Inhalt. Hexadezimal kodiertes ASCII ist es schon mal nicht, wie ein Test mit Cyberchef und dem Rezept „From Hex“ beweist. Sollte es sich erneut um einen Hash handeln, bekommt es das Tool **hash-identifizier** heraus. Starten Sie das Tool in der Kommandozeile, indem Sie `hash-identifizier` eintippen und mit Enter bestätigen. Wenn Sie darin den Hash

`ea50536158db50247e110a6c89fcf3d3` eintragen, gibt das Tool aus, dass es sich wahrscheinlich um einen MD5-Hash handelt.

Sie können das Knacken der Flagge der Seite `md5online.org` überlassen – heraus kommt der Klartext „blackmagic“. Wenn Sie die magischen Worte an den UDP-Port senden, antwortet der Server mit einer neuen URL „`http://10.10.1.4/thenecromancerwillabsorbbyoursoul`“ und der fünften Flagge `flag5{0766c36577af58e15545f099a3b15e60}`. Im Vergleich zu manch anderen Rätseln war das ein Kinderspiel. Sie betreten nun endlich die Höhle.

Erstkontakt

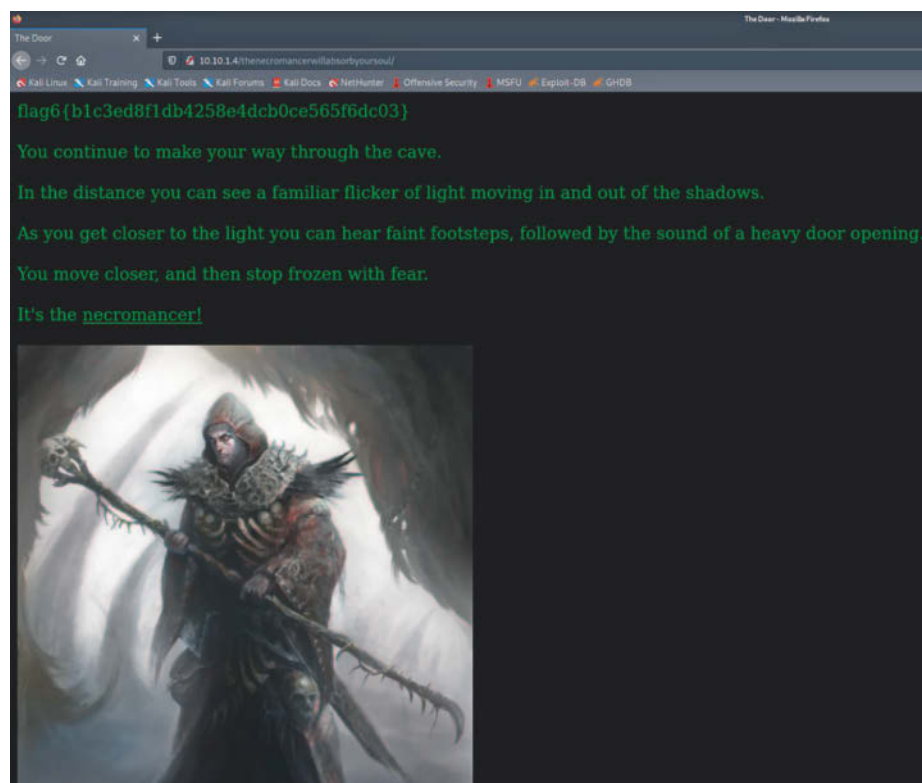
Rufen Sie die neue URL `http://10.10.1.4/thenecromancerwillabsorbbyoursoul` im Browser auf, präsentiert die Seite die nächste Flagge auf dem Silbertablett, überraschenderweise ganz ohne Rätsel: `flag6{b1c3ed8f1db4258e4dcb0ce565f6dc03}`. Doch das hat seinen Preis, denn der Necromancer persönlich erscheint und verflucht Sie (siehe Bild unten). Doch der Schutzzauber des Talismans wirkt und der Necromancer zieht unverrichteter Dinge wieder ab. Wenn Sie die Augen öffnen, sehen Sie auf einem Schädel „u161“ ein-

c't kompakt

- Hacken üben macht Spaß: Mit virtuellen Maschinen wie dem Necromancer knacken Sie spielerisch Hacking-Rätsel.
- Insgesamt enthält die VM elf Aufgaben, von denen wir schon vier im letzten Artikel gelöst haben. Es folgen nun die verbleibenden sieben.
- Dabei lernen Sie Tools wie Hydra, Wireshark, nmap, dirb, aircrack, netcat und noch einige mehr kennen.

graviert – ein Zeichen? Ganz nach dem bisherigen Muster der virtuellen Maschine könnte es sich erneut um ein UDP-Port handeln.

Doch wenn Sie sich mit `nc -nuv 10.10.1.4 161` zum UDP-Port verbinden, reagiert der Server auf keine Eingaben. Vielleicht müssen Sie ja erneut den Inhalt der Flagge hinsenden? Ein kurzer Check mit `hash-identifizier` zeigt, dass es sich wieder um MD5 handeln könnte – der Klartext



Nicht erschrecken: Auch wenn sich Ihnen der Necromancer in den Weg stellt, müssen Sie weiterhin aufmerksam die Seite studieren, denn darin versteckt sich ein **Dateidownload**.

dazu ist „1756462165“. Doch auch das entlockt dem Necromancer keine Antwort.

Gibt die Portnummer vielleicht einen Hinweis? Normalerweise kommunizieren darüber SNMP-Dienste. SNMP steht für Simple Network Management Protocol, zu seinen Hauptaufgaben gehört die Verwaltung von Geräten in einem Netzwerk. Bevor Sie aber große Geschütze auffahren, um den Port anzugreifen, ist es vielleicht eine gute Idee, sich erst mal kleineren zuzuwenden. Sie könnten zum Beispiel die Webseite untersuchen, indem Sie einen Blick in den Quellcode werfen. Dieses Mal lohnt sich der Ausflug ins HTML-Gerüst, denn die unterstrichene Zeichenkette „necromancer“ enthält den Link zu einem Datei-Download. Okay, darauf hätte man auch durch Draufklicken kommen können ...

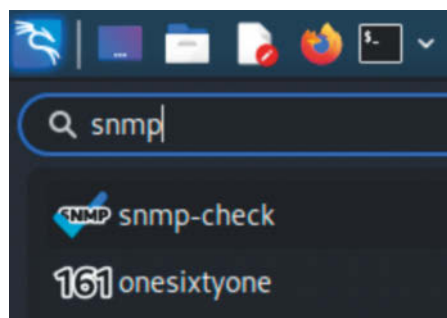
Die Datei heißt „necromancer“ und verrät auf den ersten Blick nichts über ihren Inhalt. Der praktische Befehl `file` (`file necromancer`) offenbart, dass es sich um ein Zip-Archiv des Typs `bzip2` handelt. Nach dem Entpacken mit

```
bzip2 -d necromancer
```

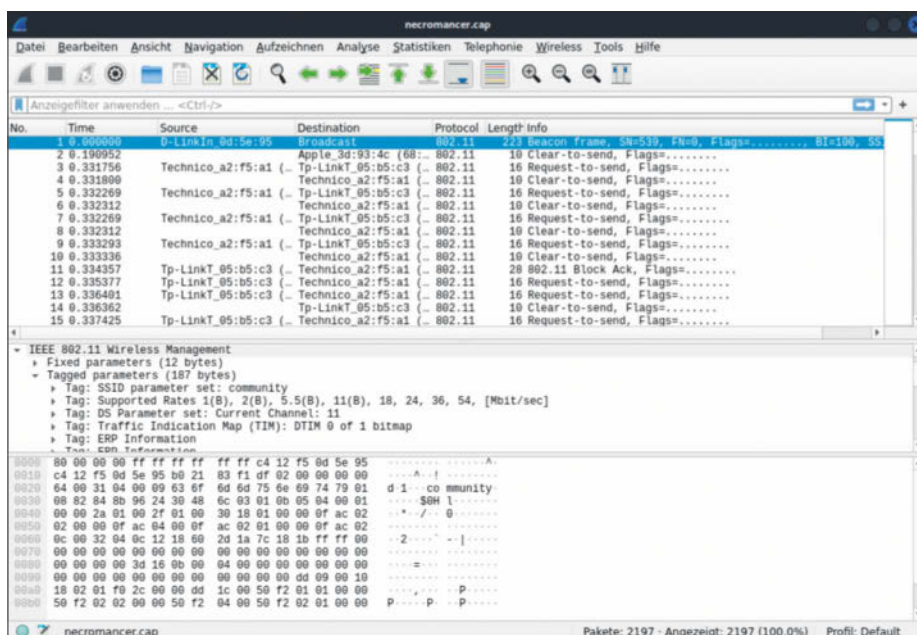
kommt eine Datei mit dem Namen `necromancer.out` heraus. `file` meint, dass es diesmal ein tar-Archiv ist. Auch das ist leicht entpackt:

```
tar xf necromancer.out
```

Es entsteht eine Datei mit der Endung `.cap`. Entweder handelt es sich um einen Mitschnitt von Netzwerkverkehr oder um eine Flash-Datei für das BIOS bei Asus-Produkten. Letzteres ist wohl eher unwahrscheinlich. Im ersten Teil dieser Reihe haben Sie bereits ein Tool kennen-



Kali ist beim Hacken Ihr bester Freund: Kommen Sie mal nicht weiter, können Sie über die Suchleiste nach geeigneten Tools suchen.



Das Netzwerkanalyse-Tool Wireshark zeigt die mitgeschnittenen Daten in drei Fenstern an: oben alle Pakete, in der Mitte den Inhalt eines ausgewählten Pakets und darunter das rohe Original in Hexadezimal.

gelernt, das Netzwerkverkehr mitschneidet: **Wireshark** [2, 4].

Der Befehl `wireshark necromancer.cap` öffnet die Datei direkt in dem Netzwerkanalyse-Tool. Im oberen Teil sehen Sie die mitgeschnittenen Pakete. Wenn Sie eines auswählen, zeigt es deren Inhalt darunter an: in menschenlesbarer Form und die Rohdaten als Hex-Werte. Ein ausführliches Tutorial zu Wireshark haben wir Ihnen unter ct.de/ywaw verlinkt.

An der Spalte „Protocol“ sehen Sie, dass Sie es mit einem 802.11-Wi-Fi-Mitschnitt zu tun haben. Die Datei enthält 2197 Pakete. Das ist ziemlich viel, aber keine Angst, Sie müssen nicht jede einzelne anschauen. Es reicht, wenn Sie sich einen Überblick verschaffen: In der Hoffnung, dabei auf relevante Informationen zu stoßen, schaut man sich die größten Datensätze an. Klicken Sie dazu im oberen Fenster auf den Reiter „Length“, damit Wireshark die größten Pakete ganz oben auflistet. Das erspart eine Menge Sucharbeit.

Vier Pakete stechen heraus, und zwar die mit „Key (Message x of 4)“ in der Spalte „Info“. Das ist ein vierteiliger Handshake, der immer dann abläuft, wenn sich ein Gerät mit einem Netzwerk verbindet. Haben Sie einen solchen Handshake abgefangen, können Sie das WPA-Passwort des Netzwerks knacken. Das ist das Passwort, das Sie zu Hause eintippen, um sich

mit dem heimischen WLAN zu verbinden. Da ein solcher Handshake vorliegt, lohnt sich ein Angriff darauf. Perfekt für **aircrack-ng**. Das Tool ist dazu gedacht, WPA-Keys zu knacken – und benötigt dazu als Minimum einen 4-Way-Handshake.

Ähnlich wie zuvor in [2] mit `dirb` oder in [5] mit `hashcat` benötigt auch `aircrack-ng` eine Wörterliste. Aus jedem Eintrag generiert `aircrack-ng` einen WPA-Key und vergleicht ihn mit dem im Mitschnitt. Die Listen von `dirb` eignen sich dafür nicht so gut, da Sie hier nach einem Passwort suchen und nicht nach einem Verzeichnisnamen. Eine geeignete Wörterliste hat Kali wie immer im Repertoire: Im Ordner `/usr/share/wordlists` befindet sich die gigantische Passwortdatei `rockyou` mit 14 Millionen Einträgen. Der Befehl

```
cat /usr/share/wordlists/
rockyou.txt.gz |
gunzip > rockyou.txt
```

entpackt sie in die Datei „`rockyou.txt`“ im aktuellen Verzeichnis.

Nun können Sie das Passwort entschlüsseln. Achten Sie darauf, dass `necromancer.cap` und die Wörterbuchdatei im selben Ordner liegen. Den Knack-Prozess starten Sie mit

```
aircrack-ng -w rockyou.txt
necromancer.cap
```


Der Necromancer kennt wohl keine sicheren Passwörter, denn nach nur ein paar Sekunden landet aircrack einen Treffer: „death2all“. Doch auch diese Zeichenkette entlockt dem Necromancer am Port 161 keine Antwort – so einfach funktioniert das also nicht.

Verschlossen

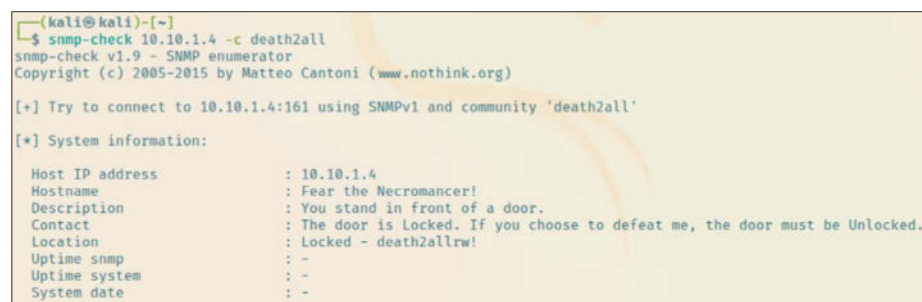
Das Passwort können Sie auch verwenden, um die abgefangenen Pakete in Wireshark zu entschlüsseln, doch (Spoiler!) damit verschwenden Sie nur Ihre Zeit. Eine Anleitung, wie das in Theorie geht, finden Sie über ct.de/ywaw. Wireshark können Sie jetzt schließen, das Tool brauchen Sie nicht mehr.

Nun müssen also doch die großen Geschütze aufgefahren werden, um Port 161 irgendwas Hilfreiches zu entlocken. Schauen Sie mal, welche Tools Kali für SNMP-Analysen auf Lager hat: **onesixtyone** und **snmp-check**.

Beide Tools befragen den SNMP-Port, Informationen zu der genauen Funktionsweise erhalten Sie jeweils mit dem Parameter `-h`. **onesixtyone** benötigt für die Abfrage etwa einen „community“-Namen (**onesixtyone** [options] <host> <community>). Das könnte wie in den im Manual angegebenen Beispielen „private“ oder „public“ sein. Aber auf diese Namen reagiert der Port nicht, bei „death2all“ als Community-Namen schon:

```
onesixtyone 10.10.1.4 death2all
Scanning 1 hosts, 1 communities
(...) You stand in front of a door.
```

Das hilft leider nicht viel weiter, denn viele Versuche mit unterschiedlichen Parametern ändern nichts an der Ausgabe. Mal schauen, was das zweite Tool **snmp-check** zutage fördert (Auszug, Rest im Bild unten zu sehen):



```
(kali@kali)-[~]
$ snmp-check 10.10.1.4 -c death2all
snmp-check v1.9 - SNMP enumerator
Copyright (c) 2005-2015 by Matteo Cantoni (www.nothink.org)

[+] Try to connect to 10.10.1.4:161 using SNMPv1 and community 'death2all'
[*] System information:

Host IP address      : 10.10.1.4
Hostname             : Fear the Necromancer!
Description          : You stand in front of a door.
Contact              : The door is locked. If you choose to defeat me, the door must be Unlocked.
Location             : Locked - death2allrw!
Uptime snmp          : -
Uptime system        : -
System date          : -
```

Das Analyse-Tool „snmp-check“ liest den Inhalt des UDP-Ports 161 aus und listet diese übersichtlich in der Konsole auf.

```
snmp-check -c death2all 10.10.1.4
You stand in front of a door.
The door is Locked.
If you choose to defeat me, the door
must be Unlocked.
Locked - death2allrw!
```

Das klingt schon sinnvoller und eher nach einer Aufgabe: Sie müssen die Tür öffnen, indem Sie die Zeichenkette „Locked“ umschreiben. Ein mögliches Indiz dazu ist die Zeichenfolge „death2allrw“, wobei „rw“ für „read write“ stehen könnte. **snmp-check** besitzt zwar den Parameter `-w`, mit dem man Änderungen vornehmen kann, aber damit kommen Sie nicht weit.

Wenn Ihnen Kali in solchen Situationen nicht weiterhelfen kann, dann tut es Google (oder eine Suchmaschine Ihrer Wahl). Auf die Frage nach weiteren SNMP-Tools, die Daten umschreiben können, spuckt Google die Toolkiste **Net-SNMP** aus. Sie bündelt ein Sammelsurium an unterschiedlichen kleinen Tools, die alle eine Aufgabe im SNMP-Universum erfüllen (komplette Liste unter ct.de/ywaw). Diese ist auf Kali bereits vorinstalliert.

Der Befehl **snmpset** überschreibt hinterlegte Daten, aber nur, wenn er die OID dazu kennt. Das ist eine ID zur eindeutigen Identifikation von Objekten in einem Netzwerk. Eine Liste der Zeichenketten mit OIDs liefert das Tool **snmpwalk**:

```
snmpwalk 10.10.1.4 -c death2all -v 1
(...)
iso.3.6.1.2.1.1.6.0 = j
↳STRING: "Locked - death2allrw!"
```

Da Sie „Locked - death2allrw!“ ändern wollen, müssen Sie **snmpset** die ID „iso.3.6.1.2.1.1.6.0“ mitgeben, eine neue Zeichenkette und den neuen Community-Namen „death2allrw“:

```
snmpset -v 1 -c death2allrw 10.10.1.4
↳ iso.3.6.1.2.1.1.6.0j
↳ s "Unlocked - death2allrw"
```

Eine weitere Abfrage mit **snmp-check** zeigt, dass der Eingriff funktioniert hat: Sie bekommen als Antwort die Flagge `flag7 {9e5494108d10bbd5f9e7ae52239546c4}` und den Hinweis „t22“. Das steht wahrscheinlich für den TCP-Port 22, und das wäre SSH – es wird ernst.

Von Angesicht zu Angesicht

Wie schon bei den Flaggen davor erweist sich auch die in dieser neuen enthaltene Zeichenfolge als MD5-Hash. Die Website md5online.org kennt den Klartext dazu: „demonlayer“. Admins benutzen SSH, um eine Konsole des Servers sicher verschlüsselt aus der Ferne zu öffnen. Dafür muss man sich mit einem Nutzernamen und einem Passwort anmelden, die gefundene Zeichenkette könnte gut für eines der beiden stehen. Diese Knobelaufgabe ähnelt schon eher einem realen Szenario als manche der anderen Rätsel.

Verbinden Sie sich ganz optimistisch mit `ssh root@10.10.1.4` zu dem Server und probieren Sie mal „demonlayer“ als Passwort aus – doch Fehlanzeige. Möglicherweise ist die Zeichenkette ein Benutzername. Leider führt `ssh demonlayer@10.10.1.4` mit dem gleichen Passwort zu keinem Erfolg.

Das weitere Herumprobieren können Sie automatisieren: Angenommen **demonlayer** ist der Benutzername, dann können Sie mit Tools wie **Hydra** [3], **John the Ripper** [6] oder auch **Metasploit** den Weg in den Server mit roher Gewalt öffnen. Als Beispiel wählen wir **Hydra**. Wichtig: Sie müssen das Tool mit Root-Rechten ausführen. Falls Sie noch nicht in einer Root-Konsole sind, loggen Sie sich mit dem Befehl `sudo su` und dem Passwort „kali“ ein.

Egal, für welches Tool Sie sich entscheiden, Sie benötigen wieder eine Wörterliste mit Passwortkandidaten wie `rockyou.txt`. Diese haben Sie bereits beim Knacken des WPA-Passworts verwendet. Damit lassen Sie **Hydra** auf den SSH-Server los:

```
hydra -l demonlayer j
↳-P rockyou.txt 10.10.1.4 ssh
(...)
[22][ssh] host: 10.10.1.4
login: demonlayer password: 12345678
(...)
```

```

** You only have 3 hitpoints left! **
Defend yourself from the Necromancer's Spells!
Where do the Black Robes practice magic of the Greater Path? Kelewan

flag8{55a6af2ca3fee9f2fef81d20743bda2c}

** You only have 3 hitpoints left! **
Defend yourself from the Necromancer's Spells!
Who did Johann Faust VIII make a deal with? Mephistopheles

flag9{713587e17e796209d1df4c9c2c2d2966}

** You only have 3 hitpoints left! **
Defend yourself from the Necromancer's Spells!
Who is tricked into passing the Ninth Gate? Hedge

flag10{8dc6486d2c63cafcdc6efbba2be98ee4}
A great flash of light knocks you to the ground; momentarily blinding you!
As your sight begins to return, you can see a thick black cloud of smoke lingering where the Necromancer
stood.
An evil laugh echoes in the room and the black cloud begins to disappear into the cracks in the floor.
The room is silent.
You walk over to where the Necromancer once stood.
On the ground is a small vile.

```

Mit jeder Frage, die Sie richtig beantworten, erhalten Sie eine Flagge. Nach der dritten korrekten Antwort löst sich der Necromancer in eine schwarze Wolke auf.

Wow, das Passwort hätte man vermutlich tatsächlich durch einfaches Probieren herausbekommen können. Sei es drum, jetzt haben Sie endlich die Zugangsdaten. Loggen Sie sich mit `ssh demonslayer@10.10.1.4` und dem Passwort ein. Eine Konsole öffnet sich und der Necromancer erwartet Sie in ASCII-Code auf der Konsole. Showdown!

Duck und weg!

Wenn Sie mit `ls` den Inhalt des Ordners auflisten, entdecken Sie die Datei „flag8.txt“. Doch anstatt der Flagge befindet sich darin der nächste Teil der Geschichte: Man sei im Versteck des Necromancers gelandet, würde von ihm angegriffen und könne sich auf „u777“ gegen ihn wehren. Über eine zweite Kali-Konsole lässt sich aber keine Verbindung zu dem UDP-Port 777 aufbauen:

```

nc -uvp 10.10.1.4 777
(...)
no port[s] to connect to

```

Wenn Sie testweise `nc` in der SSH-Shell des Necromancer eintippen, reagiert dieser. Sie können sich also lokal in der SSH-Shell mit `nc -u localhost 777` zum Port verbinden, nach einem Enter greift der Necromancer an:

```

** You only have 3 hitpoints left! **
Defend yourself from the Necromancer's
Spells! Where do the Black Robes
practice magic of the Greater Path?

```

Da ist wohl jemand in Spiellaune: Jede falsche Antwort kostet Sie einen Lebenspunkt. Zeigt die Lebensanzeige null, müssen Sie den Hack wieder von vorne anfangen – „You have been defeated by The Necromancer! (*_*)“. Mit der Google-Suche im Rücken sind Sie für die Fragen gut gewappnet: Die erste Frage betrifft einen Bund von Magiern aus dem Fantasy-Spiel Dark Souls 2. Diese trainierten in „Kelewan“. Als Belohnung gibt es `flag8{55a6af2ca3fee9f2fef81d20743bda2c}`.

Nächste Frage: Who did Johann Faust VIII make a deal with? Vermutlich

Der Befehl „ls -la“ zeigt alle Dateien innerhalb eines Verzeichnisses an, auch die verborgenen (das sind die Dateien mit einem Punkt davor).

```

$ ls -la
total 44
drwxr-xr-x 3 demonslayer demonslayer 512 Jan 13 03:35 .
drwxr-xr-x 3 root wheel 512 May 11 2016 ..
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 87 May 11 2016 .Xdefaults
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 773 May 11 2016 .cshrc
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 103 May 11 2016 .cvsrc
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 359 May 11 2016 .login
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 175 May 11 2016 .mailrc
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 218 May 11 2016 .profile
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 196 Feb 14 03:13 .smallvile
drwx----- 2 demonslayer demonslayer 512 May 11 2016 .ssh
-rw-r--r-- 1 demonslayer demonslayer 706 May 11 2016 flag8.txt

```

gehörte Faust auch bei Ihnen in der Schule zur Pflichtlektüre, aber die Antwort „Devil“ ist falsch, der volle Name ist gefragt – Mephistopheles. Als Verdienst für die erfolgreiche Abwehr des zweiten Schlags gibt es `flag9{713587e17e796209d1df4c9c2c2d2966}`. Dritte Frage: Who is tricked into passing the Ninth Gate? Kein Problem für Google: Ninth Gate kommt in dem Spiel „Old Kingdom“ vor, die Figur „Hedge“ fällt dem Tor zum Opfer.

Der Angriff ist erfolgreich abgewehrt, der Necromancer verschwindet besiegt. Sie sammeln zusammen mit einer kleinen Ampulle die vorletzte Flagge ein: `flag10{8dc6486d2c63cafcdc6efbba2be98ee4}`. Alle drei Flaggen enthalten erneut einen MD5-Hash, sie ergeben dekodiert witzigerweise die Antworten auf die eben gestellten Fragen.

Ampulle

Das Ende der Reise ist nah, Sie sind schon in den Server eingedrungen, haben den Necromancer besiegt, es fehlt aber noch der Root-Zugriff. Vielleicht hilft ja der Tipp mit der „small vile“? In [5] haben Sie gesehen, wie man mit einer „Eskalation“ eines Programms root wird, dieser Weg führt hier aber nicht zum Erfolg. Schauen Sie sich also zuerst im Server genauer um. Zum Beispiel mit dem Befehl `ls -la`, der auch versteckte Dateien anzeigt (siehe Bild unten).

Eine Datei sticht sofort ins Auge, mit `cat .smallvile` geben Sie deren Inhalt auf der Konsole aus:

```

You pick up the small vile. (...)
You drink the elixir and feel a great
power within your veins!

```

Das klingt wie ein Sieg, aber noch sind Sie nicht root geworden. Für jeden Versuch, sich mit dem Passwort von `demonslayer` oder `root` einzuloggen, erntet man Hohn und Spott:

Die Siegesbotschaft erhalten Sie zusammen mit der elften und damit letzten Flagge der Maschine.

```

Suddenly you feel dizzy and fall to the ground!
As you open your eyes you find yourself staring at a computer screen.
Congratulations!!! You have conquered.....

      .n
    .dP      .9b      .n.
  4  qXb    dX      Xb      dXp      t
dX. 9Xb    .dXb    dXb.    dXP      .Xb
9XXb.    .dXXXb dXXXbo.    .odXXXb dXXXb.    .dXXP
9XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX0o.    .oXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
'9XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX'~'0008b d8000'~'XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX'
'9XXXXXXXXXXXXXP' 9XX' 98v8P' XXP' 9XXXXXXXXXXXXXP'
          9X.    db|db.    XP
          )b. .dbo.dP' v' 9b.odb. .dX(
          ,dXXXXXXXXXXb dXXXXXXXXXXb.
          dXXXXXXXXXXP' 9XXXXXXXXXXb
          dXXXXXXXXXXb d|b dXXXXXXXXXXb
          9XXb' XXXXb.dX|Xb.dXXXXX' dXXP
          ' 9XXXXX( )XXXXXP
          XXXX X. v' X XXXX
          XP'X' b d' X'XX
          X. 9 ' p )X
          'b ' d'

THE NECROMANCER!
by @xerubus

flag11{42c35828545b926e79a36493938ab1b1}

Big shout out to Dook and Bull for being test bunnies.
Cheers OJ for the obfuscation help.
Thanks to SecTalks Brisbane and their sponsors for making these CTF challenges possible.

=====
xerubus (@xerubus) - www.mogozobo.com
=====

```

```

sudo root
Password:
Where did you learn to type?
Password:
My pet ferret can type better than you
(...)

```

Ein Blick in die übrigen Dateien, die die 1s -la aufdeckte, endete ähnlich. Schauen Sie sich mal mit 1s und cd im Server um und probieren Sie unterschiedliche Dinge aus – das gehört zum Trainingsprozess auch dazu. Die Lösung stellt sich als simpel und elegant heraus: sudo -l. Der Befehl listet Dateien auf, die Sie als der Nutzer demonslayer ansehen dürfen:

```

User demonslayer may run the following
commands on thenecromancer:
(ALL) NOPASSWD: /bin/cat*
    /root/flag11.txt

```

Anscheinend benötigen Sie kein Passwort, um sich die letzte Flagge zu krallen. Doch der direkte Aufruf scheitert:

```

cat /root/flag11.txt
cat: (...) Permission denied

```

Sie müssen die Flagge mit sudo aufrufen, damit es funktioniert:

```
sudo cat /root/flag11.txt
```

Happy End

Geschafft, Sie haben den Necromancer bezwungen! Was die letzte Flagge flag11{42c35828545b926e79a36493938ab1b1} übersetzt bedeutet, überlassen wir Ihnen herauszufinden. Schreiben Sie uns ruhig eine Mail, wenn Sie die VM erfolgreich gehackt oder Empfehlungen für weitere Maschinen haben, die wir noch hacken sollen.

(wid@ct.de) 

Literatur

- [1] Wilhelm Drehling, Hacken ohne Konsequenzen, Hacking lernen in virtueller Trainingsumgebung, c't 2/2022, S. 148
- [2] Wilhelm Drehling, Necromancer, Spielerisch hacken üben mit Knobelaufgaben, c't 6/2023, S. 144
- [3] Ronald Eikenberg, Alexander Königstein, Gute Tools, Böse Tools, Hacking-Werkzeug für Fortgeschrittene, c't 23/2021, S. 24
- [4] Johannes Weber, Was geht ab im LAN?, Wire-shark- und Protokoll-Know-how für Netz-Admins, c't 11/2017, S. 116
- [5] Wilhelm Drehling, Systematisch hacken, Beispiel-Hack Schritt für Schritt erklärt, c't 6/2022, S. 146
- [6] Ronald Eikenberg, Alexander Königstein, Hack dich selbst, Nützliche Hacking-Tools für den Alltag, c't 23/2021, S. 18

Necromancer-VM, alte Artikel und mehr:
ct.de/ywaw

Es gibt **10** Arten
von Menschen.

iX-Leser
und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:

3 Hefte + Bluetooth-Tastatur
nur 19,35 €

www.ix.de/testen



MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE
INFORMATIONSTECHNIK



www.ix.de/testen



leserservice@heise.de



49 (0)541 800 09 120



Spielplatz für Nachwuchs-Admins

Netzwerkgrundlagen lernen mit dem Simulationsprogramm Filius

Gateway? IP-Adresse? DHCP-Server? Kaum ein Schüler kann diese Begriffe erklären. Die freie Software Filius bringt Licht ins Dunkel. Der Artikel zeigt, wie Schüler damit die Grundlagen der Netzwerktechnik spielerisch kennenlernen.

Von Karsten Beuche

Die Lehrpläne für das Fach Informatik bieten in den meisten Bundesländern ausreichend Unterrichtseinheiten zum Thema Netzwerk an. Allerdings ist es im Klassenraum schwierig, mit einer größeren Zahl an Schülern ein Netz aus realen Rechnern aufzubauen, um darin unterschiedliche Szenarien durchzuspielen. Genau für diesen Zweck gibt es die „Freie Interaktive Lernsoftware zu Networking der Universität Siegen“ (Filius), mit der sich Netzwerke simulieren lassen. Das Programm Filius ist für die

Sekundarstufe konzipiert und hat sich im Unterricht bestens bewährt. Dieser Artikel zeigt, wie sich Filius im Informatikunterricht nutzen lässt, aber ebenso gut daheim gemeinsam mit Kindern, Enkeln oder Patenkindern. Nachdem man mit ihnen gemeinsam einen ersten Entwurf erarbeitet hat, macht es den meisten Schülern Spaß, mit Filius komplexe Netzwerke zu entwerfen.

Die Software kann man auf der Website der Uni Siegen unter lernsoftware-filius.de kostenlos herunterladen. Sie

läuft unter Linux, Windows und macOS. Die macOS-Version benötigt Java, während Java beim Minux-Flatpack und beim Windows-Installer bereits enthalten ist. Zudem haben die Versionen einen unterschiedlichen Entwicklungsstand: Die Linux-Variante ist aktuell in Version 1.4 verfügbar und die extern angebotene Mac-Version ist noch auf Version 1.14. Filius für Windows gibt es dagegen als Version 2.2; auf diese Version bezieht sich dieser Artikel.

Filius unterteilt die Netzwerksimulation in zwei Phasen. Im Entwurfsmodus gestalten die Netzwerknovizen die Verbindungen, Namen und Adressen der verschiedenen Netzwerkkomponenten und richten simulierte netzwerkfähige Programme ein. Anschließend prüfen sie im Aktionsmodus, wie die Daten durch das eben gestaltete Netzwerk fließen.

Ein Netzwerk entsteht

Den Anfang macht ein Server, der die Funktion eines DHCP-Servers übernehmen wird. Dazu ziehen die Schüler zunächst ein Rechnersymbol per Drag & Drop auf die Arbeitsfläche. Unterhalb des Arbeitsfensters öffnet sich daraufhin ein Dialog, in dem die Schüler dem neuen Rechner einen Namen und eine IP-Adresse zuweisen. Der Rechnername darf frei gewählt werden. Da es aber üblich ist, Rechner im selben Netzwerk durch ein Namensschema als zusammengehörig zu kennzeichnen, sollten die Schüler in diesem ersten Netzwerk Baumarten als Rechnernamen verwendeten. Der DHCP-Server bekommt in unserem Beispiel den Namen „Ahorn“. Als IP-Adresse tragen sie 192.168.0.10 ein.

Nach einem Klick auf die Schaltfläche „DHCP-Server einrichten“ unten rechts öffnet sich ein separater Konfigurationsdialog. Darin kann man die Untergrenze und die Obergrenze für die Vergabe der IP-Adressen einstellen, beispielsweise 192.168.0.11 bis 192.168.0.50. Die Angaben für Gateway und DNS-Server bleiben erst einmal frei – darum kümmern sich die Schüler später. Wenn alles passt, setzt man noch einen Haken bei „DHCP aktivieren“. Ein Klick auf OK speichert die Angaben und schließt den Dialog.

Das erste Netzwerk soll außerdem zwei Clientrechner umfassen, die über einen Switch mit dem Server verbunden sind. Sie erhalten die Namen „Birke“ und „Erle“. Ihre IP-Adressen bekommen sie vom DHCP-Server, der ja auf „Ahorn“

läuft. Dazu muss in der Konfiguration der beiden Notebooks das Häkchen bei „DHCP zur Konfiguration verwenden“ gesetzt sein.

Nachdem auch noch der Switch per Drag & Drop auf der Arbeitsfläche platziert ist, heißt es Strippen ziehen. Ein Kabel verlegt man in Filius mit drei Klicks: Zunächst oben links auf das rote Kabelsymbol und dann je einmal auf die beiden Geräte des Netzwerks, die das Kabel verbinden soll. Auf diese Weise fügen die Schüler nun ein Kabel zwischen Server und Switch hinzu, außerdem je eines zwischen dem Switch und den beiden Clients.

Zeit für einen ersten Test. Dafür wechseln die Schüler über den grünen Pfeil im oberen Menü in der Mitte in den Aktionsmodus. Durch grünes Aufleuchten der Verbindungen signalisiert Filius in diesem Modus den Informationsfluss zwischen den Rechnern. So können die Schüler verfolgen, wie die beiden Clientrechner am DHCP-Server „Ahorn“ ihre IP-Adressen erfragen und sie nach wenigen Sekunden erhalten; sie lauten in diesem Netzwerk 192.168.0.11 und 192.168.0.12.

Ahorn an alle

In den nächsten Schritten richten die Schüler auf „Ahorn“ einen Webserver ein und passen dessen Startseite an. Außerdem fügen sie dem Netzwerk einen weiteren Rechner hinzu, der die Funktion eines DNS-Servers übernimmt.

Im Aktionsmodus öffnet ein Klick auf einen Rechner auf der Arbeitsfläche dessen „Startbildschirm“ – eine Art simple Desktopansicht. Zunächst erscheint hier nur ein Icon mit der Beschriftung „Software-Installation“. Über dieses Icon simu-

c't kompakt

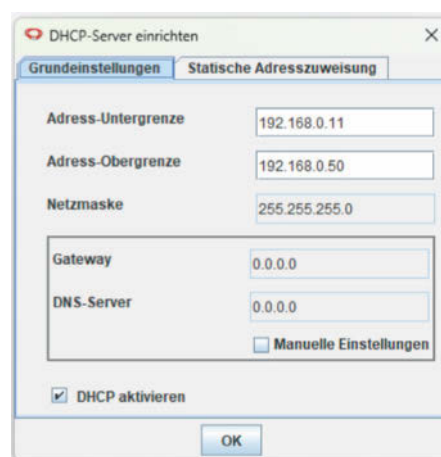
- Viele Schüler nutzen zwar Netzwerke, haben aber keinerlei Kenntnisse der Netzwerktechnik.
- Mit der kostenlosen Simulationssoftware „Filius“ kann man Jugendlichen Netzwerkgrundlagen nahebringen – ganz ohne zusätzliche Hardware.
- Filius demonstriert das Miteinander von Client und Server sowie die Aufgaben von DHCP-, DNS- und Webservern leicht verständlich.

lieren die Schüler nun die Einrichtung netzwerkfähiger Programme auf den Rechnern des Netzwerks. Das Fenster für die Installationen zeigt links eine Liste aller bereits vorhandenen Programme und rechts eine Liste der verfügbaren, aber aktuell nicht eingerichteten Programme. Durch Doppelklicken simuliert man die Installation beziehungsweise Deinstallation dieser Programme.

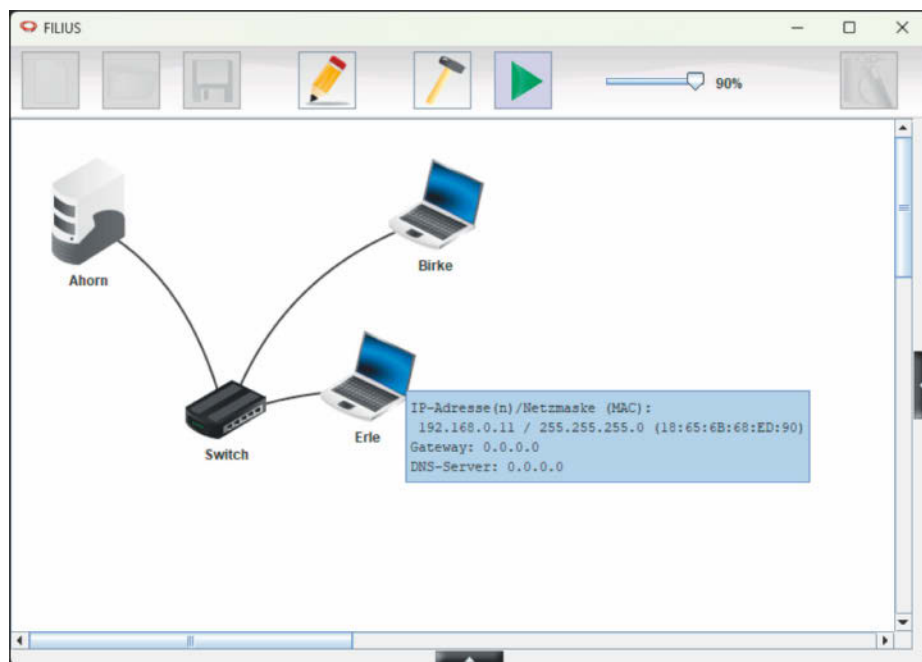
Für den Computer „Ahorn“ wählen die Schüler nun aus den Programmen Datei-Explorer, Texteditor und Webserver aus. Die Icons der drei Programme erscheinen daraufhin auf dem Desktop von „Ahorn“. Ein Klick auf das Webserver-Icon öffnet den Server. Nun lässt er sich über den Startbutton initialisieren und sollte anschließend für alle anderen Computer im Netzwerk erreichbar sein.

Die Schüler sollten sich davon überzeugen, dass das funktioniert. Dazu richten sie auf dem Clientrechner „Birke“ den von Filius angebotenen Webbrowser ein, der lustigerweise „Waterwolf“ heißt. In die Adresszeile des Browserfensters tippen sie die IP-Adresse des Webserver ein, also 192.168.0.10. Wenn man das Browserfenster so verschiebt, dass daneben das Netzwerk vollständig zu sehen ist, erkennt man sehr schön, wie die Daten zwischen dem Webserver „Ahorn“ und dem Clientrechner „Birke“ hin und her gehen.

Im Unterricht dauert es etwa 45 Minuten, bis die bisher beschriebenen Arbeitsschritte erledigt sind – je nach Vorkenntnissen der Schüler ist etwas mehr oder weniger Zeit nötig. Da bis zum Einrichten und ersten Ausprobieren des Web-



In der DHCP-Konfiguration geben die Schüler Grenzen für die automatische Vergabe der IP-Adressen vor.



Sobald der Mauszeiger über ein Notebook fährt, erscheint neben dem Symbol die vom DHCP-Server vergebene IP-Adresse.

Servers kaum etwas schiefgehen kann, haben die Schüler schnell erste Erfolgserlebnisse.

Startseite des Webserver ändern

Im nächsten Schritt geht es darum, die Startseite des Webserver „Ahorn“ anzupassen. Dazu sind ein paar Vorkenntnisse nötig: Die Schüler sollten sich mit Ordnerstrukturen und dem Aufbau einer HTML-Seite auskennen. Die hier beschriebene Unterrichtseinheit zum Netzwerkthema passt also recht gut hinter einen Unterrichtsblock zu HTML und CSS.

Dies sind die nächsten Schritte: Die Schüler starten auf dem Webserver den Datei-Explorer. Er zeigt auf der linken Seite die Ordnerstruktur und auf der rechten Seite die im ausgewählten Ordner vorhandenen Dateien. Bisher gibt es nur das Wurzelverzeichnis (root) und darunter den Ordner „webserver“. In diesem Ordner liegt eine Datei „index.html“ und das Hintergrundbild als PNG-Datei (splashscreen-mini.png). Das kennen die Schüler bereits, falls ein HTML-Kurs vorangegangen ist.

Auf dem Rechner „Ahorn“ öffnen die Schüler mit dem Text-Editor die Datei „index.html“, deren Struktur ihnen auch aus dem HTML-Kurs bekannt vorkommen sollte. Die Aufgaben dazu lauten:

- Ändere die Überschrift in „AHORN-Webserver“.
- Baue ein Bild von einem Ahorn-Blatt anstelle des vorhandenen Bildes ein.
- Ändere die Hintergrundfarbe.

Die Bilddatei sollten Lehrer vorgeben. Die Schüler haben lediglich die Aufgabe, sie mithilfe des Datei-Explorers in den Ordner „webserver“ zu importieren. Über die Schaltfläche „Importieren“ hat man aus Filius heraus Zugriff auf das Dateisystem des Rechners, auf dem die Netzwerksimulation läuft. Dennoch haben Schüler oft Schwierigkeiten mit diesem Arbeits-

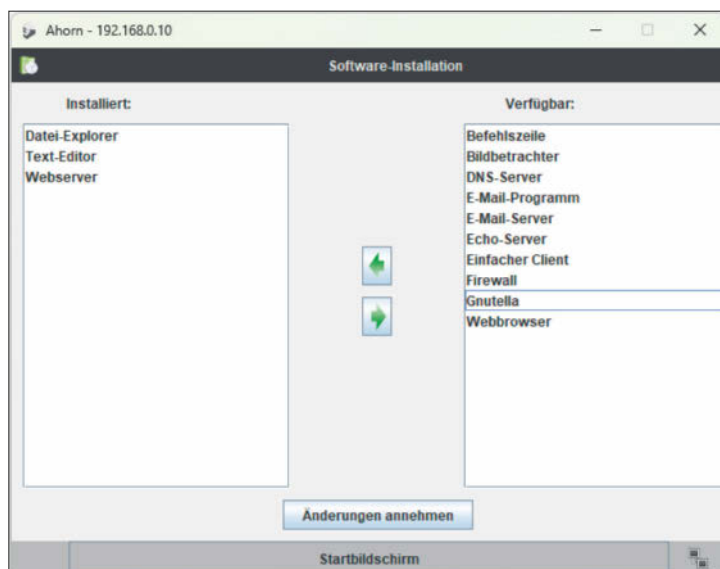
Auch das Einrichten von Standardanwendungen lässt sich mit Filius simulieren.

schrift. Häufig passiert es beim Dateiimport, dass die Datei im falschen Ordner landet oder die Schüler Groß- und Kleinschreibung nicht beachten. Nach Änderungen an der Datei „index.html“ vergessen Schüler oft, die geänderte Datei zu speichern.

Schaltzentrale DNS-Server

Falls alles wie gewünscht funktioniert, stört nur noch, dass die Seite über die IP-Adresse des Webserver aufgerufen werden muss. Besser wäre es, für den Aufruf einen einprägsamen Namen verwenden zu können, zum Beispiel den Rechnernamen „Ahorn“. Zu diesem Zweck richten die Schüler als Nächstes einen DNS-Server ein. Er soll auf einem weiteren Rechner laufen, der auch noch in das Netz eingebunden wird und den Namen „Ginkgo“ erhält.

Das Unterrichtsgespräch sollte deutlich machen, welche Aufgabe ein DNS-Server zu erfüllen hat. Die Erklärung kann etwa so lauten: Im Netzwerk ist jeder Computer nur eine Nummer (IP-Adresse). Für die meisten Menschen ist es aber schwierig, sich die Nummern vieler Computer zu merken – Namen sind leichter zu behalten. Damit ein Surfer in seinem Browserfenster zum Abruf einer Website einfach den vom Webmaster gewählten Namen eingeben kann, muss ein DNS-Server diesen Namen im Hintergrund auflösen, das heißt ihn anhand einer Tabelle der richtigen IP-Adresse zuordnen. Der DNS-Server schickt diese IP-Adresse an den Rechner des Surfers zurück. Der kennt nun die IP-Adresse des Rechners mit der gewünschten Website und kann



Das Magazin von Fotografen für Fotografen



**Fotograf und
c't Fotografie-Redakteur**

Thomas Hoffmann, fotografiert am liebsten Landschaft und Natur.

„Für außergewöhnliche Fotos braucht man nicht nur eine verlässliche Ausrüstung, auch Geduld und Zufall spielen eine große Rolle.“

Thomas Hoffmann

**35%
Rabatt**



2x c't Fotografie testen

- 2 Ausgaben kompaktes Profiwissen für 14,30 €
- 35 % Rabatt gegenüber Einzelheftkauf
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Wöchentlicher Newsletter exklusiv für Abonnenten

Jetzt bestellen:

www.ct-foto.de/miniabo

diese anfordern. Der Surfer bekommt davon nichts mit.

Nach einer solchen Erklärung erkennen die Schüler schnell, dass der DNS-Server seine IP-Adresse nicht per Zufall vom DHCP-Server erhalten kann, sondern sie ihm eine feste Adresse (192.168.0.9) zuweisen müssen. Das Einrichten des DNS-Servers auf dem Rechner „Ginkgo“ ist anschließend schnell erledigt. Die Schüler dürfen aber nicht vergessen

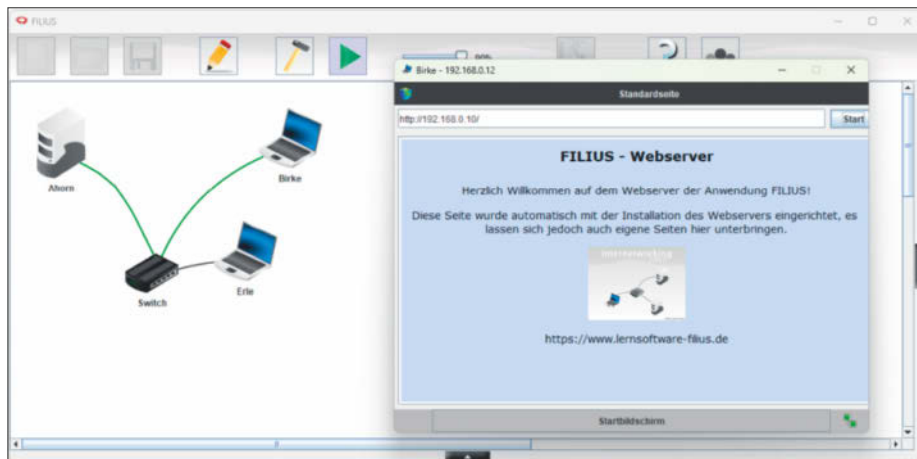
- in der Konfiguration des DHCP-Servers auf „Ahorn“ die IP-Adresse des DNS-Servers einzutragen,
- in der Tabelle des DNS-Servers den Namen „Ahorn“ mit der dazugehörigen IP-Adresse 192.168.0.10 hinzuzufügen und
- den DNS-Server zu starten.

Falls der DNS-Server im anschließenden Test noch nicht richtig funktioniert, liegt es in den allermeisten Fällen daran, dass einer dieser drei Schritte ausgelassen wurde. Eine andere Fehlerquelle sind Zahlendreher in IP-Adressen, die einiges Kopfzerbrechen bereiten können.

Ein Netz aus Netzwerken

Der nächste Arbeitsschritt besteht darin, ein zweites Netzwerk aufzubauen und es über einen Vermittlungsrechner mit dem ersten Netzwerk zu verbinden. Um den Überblick zu behalten, welcher Rechner in welches Netzwerk gehört, erhalten die Geräte des zweiten Netzwerks Tierarten als Namen.

Der Vermittlungsrechner, das sogenannte Gateway, hat zwei Netzwerkkarten – eine für jedes verbundene Netzwerk. Die Karte für das Bäume-Netzwerk bekommt



Während sich im Webbrowser des Clients die Website aufbaut, zeigen grün leuchtende Verbindungen, wo gerade Daten transportiert werden.

die Adresse 192.168.0.8 und die für das Tiere-Netzwerk die Adresse 192.168.1.8. Weitere Schritte beim Aufbau des zweiten Netzwerks:

- „Affe“ ist der DHCP-Server für das zweite Netzwerk. Alle IP-Adressen in diesem Netzwerk beginnen mit 192.168.1.
- Beide DHCP-Server müssen die Adresse des einzigen DNS-Servers an neue Rechner vergeben.
- Die DHCP-Server müssen die Adresse des Vermittlungsrechners für ihr Netzwerk mit vergeben (Gateway).
- Der Rechner mit dem DNS-Server „Ginkgo“ muss per Hand die Adresse des Gateways erhalten.

Wenn zum Schluss alles richtig funktioniert, ist der Webserver auf „Ahorn“ mit dem Webbrowser auf dem Rechner „Bär“ erreichbar, und zwar über den Namen

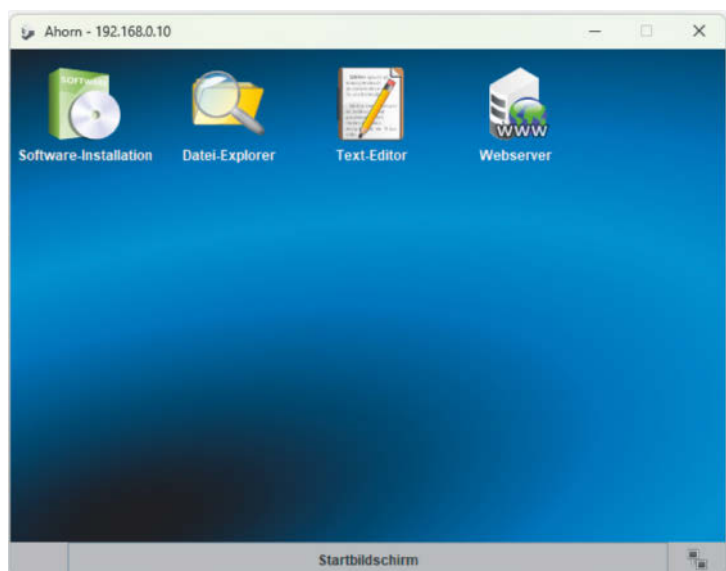
„Ahorn“. Dieses Ziel wird im Unterricht immer wieder genannt und getestet. Den Schülern wird schnell klar, dass der erwünschte Ablauf nicht ganz so leicht zu erreichen ist, weil sich häufig kleine oder größere Fehler einschleichen. Besonders den Eintrag der Gateway-Adresse am DNS-Server vergessen die Schüler häufig. Dann bekommt der DNS-Server zwar Anfragen aus anderen Netzwerken, kann aber nichts zurückschicken. Auch das sieht man wieder sehr anschaulich daran, welche Datenleitungen grün leuchten – und welche nicht.

Nachdem die Schüler die Verbindung zwischen zwei Netzwerken hergestellt haben, kann man daran gehen, eine Verbindung zu weiteren Netzwerken herzustellen. Dazu wird noch ein Netzwerk „Obst“ und ein Netzwerk „Blumen“ erstellt. Sobald alles richtig konfiguriert ist, kann von jedem Notebook aus die Website auf „Ahorn“ aufgerufen werden. Die vier Vermittlungsrechner des gesamten Netzwerkgebildes geben den Schülern eine Idee davon, wie das Internet funktioniert.

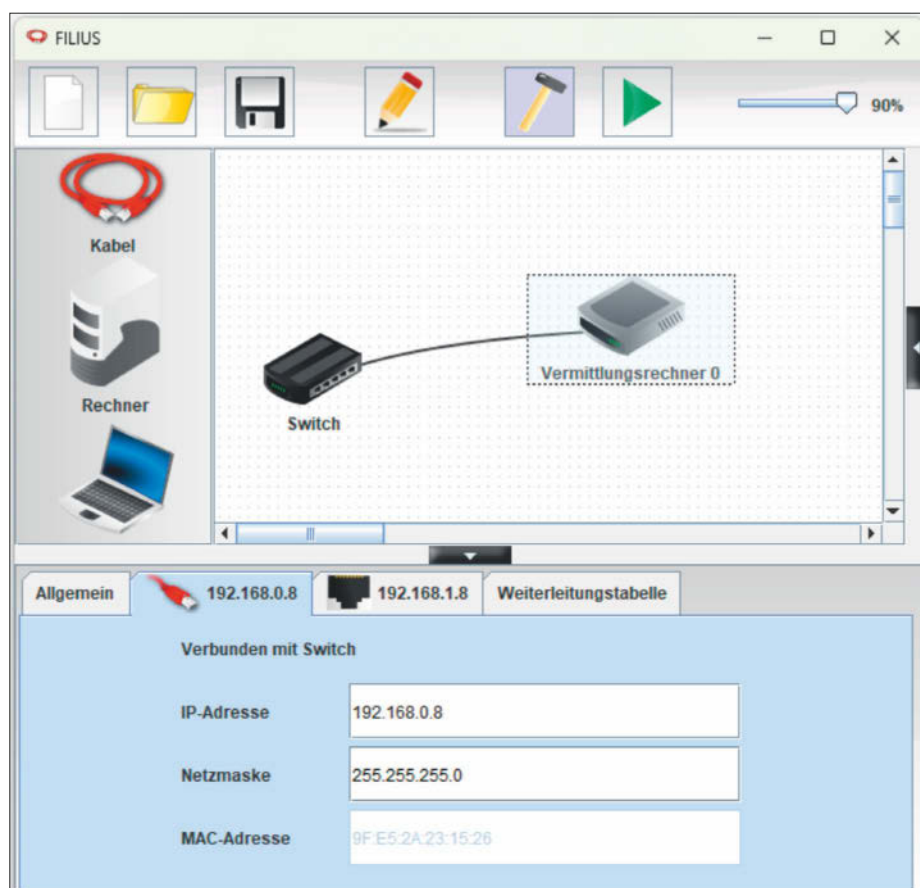
Finde den Fehler

Beim Aufbau von größeren Netzen, etwa wenn vier oder fünf Netzwerke miteinander verbunden sind, benötigen Schüler typischerweise viel Zeit, um Fehler zu finden. Dabei erkennen sie rasch, dass eine effektive Fehlersuche nur bei planvollem Arbeiten möglich ist. Als eine Art Checkliste bei der Fehlersuche dienen diese vier wichtigen Punkte:

- Jeder Rechner hat eine einmalige IP-Adresse.
- Innerhalb eines Netzwerks sind für alle



Die Desktopansicht jedes Rechners im Netzwerk zeigt, welche Anwendungen darauf laufen.



Das Gateway hat zwei Netzwerkkarten. Über Reiter im Konfigurationsdialog gelangen die Schüler zu deren Einstellungen.

Mit Filius lässt sich auch ein Maildienst mit E-Mail-Server und -Clients simulieren. Sowohl an jedem Einzelrechner als auch an den Vermittlungsrechnern kann man mit Filius eine Firewall installieren und konfigurieren. Im Aktionsmodus ruft man mit einem Rechtsklick auf einen Rechner eine detaillierte Ansicht des Datenverkehrs auf. Mithilfe eines Modems können Schüler die Filius-Netzwerke ihrer Mitschüler erreichen und mit ihnen kommunizieren.

Fazit

Mit Filius lernen Schüler, wie die Kommunikation zwischen Server und Client in einem Rechnernetzwerk abläuft und welche Rolle IP-Adressen spielen. Sie lernen die Besonderheiten von DHCP-, Web- und DNS-Server kennen. Schließlich vermittelt das Verbinden mehrerer Teilnetzwerke einen ersten Eindruck davon, wie das Internet funktioniert.

Während der Arbeit mit dem Netzwerksimulationsprogramm Filius entwickeln die Schüler auch ein Gefühl dafür, wie vielfältig die Aufgaben eines Netzwerkadministrators sind. Sie sehen, welche Fehler auftreten können, wie wichtig die systematische Fehleranalyse ist und dass gewissenhaftes Arbeiten das A und O bei der Netzwerkverwaltung ist. Vielleicht findet ein Schüler anschließend ja sogar ein lobendes Wort für den Schul-Administrator oder den Elternteil, der das Netzwerk daheim am Laufen hält.

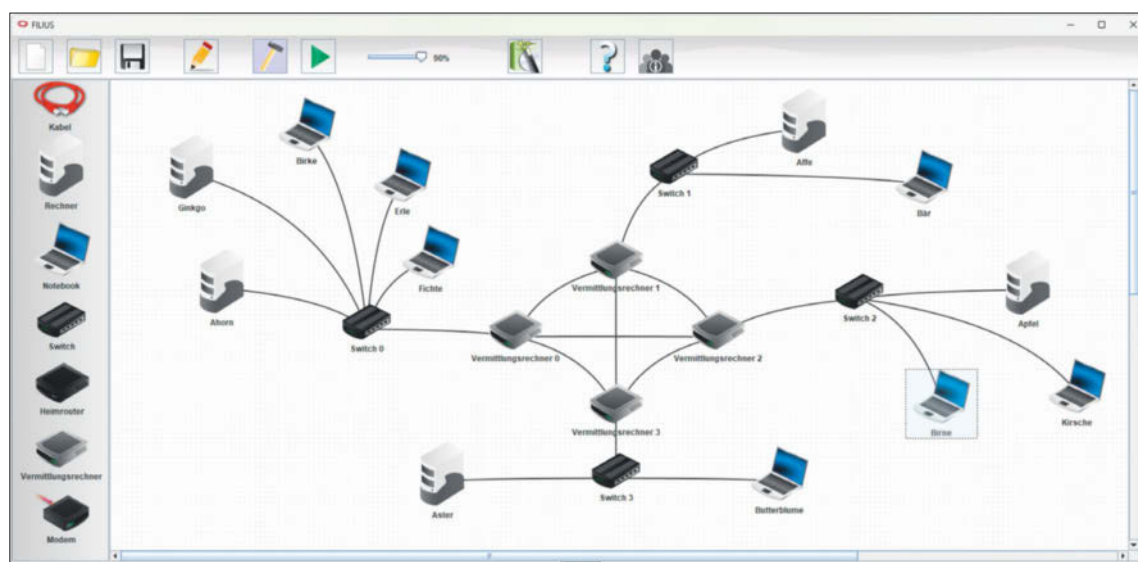
(dwi@ct.de) **ct**

Download Filius, Unterrichtsmaterial:
ct.de/y6un

Rechner die ersten drei Zahlen (nicht: Ziffern!) der IP-Adresse gleich.

- Innerhalb eines Netzwerks ist für alle Rechner die Adresse des Gateways gleich.
- Jeder Rechner spricht den DNS-Server über die gleiche Adresse an.

Es kommt vor, dass Schüler diese vier Punkte anfangs nicht richtig ernst nehmen. Sie erkennen aber schnell, wie wichtig das konsequente Abarbeiten der Liste ist. Auf diese Weise lassen sich die meisten Fehler aufdecken und dann leicht beheben.



Vier Vermittlungsrechner leiten die Datenströme zwischen den vier Netzwerken weiter. Das funktioniert auch dann noch, wenn eine einzelne Verbindung gelöscht wird.



Bild: KI Midjourney | Bearbeitung: c't

Speicherherde

Redundanter Container-Speicher mit Longhorn

In einem Kubernetes-Cluster laufen Anwendungen skalierbar und redundant. Damit auch die anfallenden Daten auf mehreren Servern liegen und der Speicherplatz mit den Anforderungen wächst, braucht man eine Erweiterung wie Longhorn. Sie macht Volumes redundant – eine Backup-Strategie gibt es oben drauf.

Von Jan Mahn

Mit dem Umstieg von einem einzelnen Docker-Server auf einen Kubernetes-Cluster eröffnen sich schier grenzenlose Möglichkeiten, die eigene Anwendung zu skalieren. Wie Sie diesen Weg beschreiten und vom Docker- zum Kubernetes-Kenner werden, haben wir in einem fünfteiligen Tutorial beschrieben [1, 2, 3, 4, 5]. Wachsen die Anforderungen, kann man mit Kubernetes problemlos Server nachbestellen und in den Cluster aufnehmen, um größeren Lasten zu begegnen.



Was mit Kubernetes-Bordmitteln aber nicht mitwächst, ist der Speicherplatz. Muss ein Container etwas auf der Festplatte speichern, geschieht das über mehrere

Abstraktionsschichten (VolumeMount, Volume, PersistentVolumeClaim und StorageClass, siehe [4]). Der Prozess,

der im Container läuft, bekommt von solchen Details nichts mit – ihm setzt die Container-Runtime ein Dateisystem vor, das er lesen und auf Wunsch auch beschreiben kann.

Ein ganz einfacher Anbieter von Kubernetes-Speicherplatz ist zum Beispiel der LocalPathProvisioner von Rancher (siehe ct.de/yqtp), den die leichtgewichtige Kubernetes-Distribution k3s bereits mitliefert. Der schnappt sich einfach einen Ordner im Dateisystem des Nodes, auf dem der Container läuft und reicht ihn an den Container weiter. Dieses Verhalten entspricht ziemlich genau dem, was Docker-Nutzer von „named volumes“ kennen, also solchen Volumes, die man mit Befehlen wie `docker volume ls` und `docker volume create` verwaltet. Doch in einem Cluster ist das gar nicht mal so praktisch: Liegen die Daten auf einem einzigen Node, wird es zur Qual, den Pod auf einen anderen Node umziehen zu lassen – fällt ein Node mit angehängtem Volume aus, kann Kubernetes ihn nicht woanders unterbringen. Redundant gespeichert wird vom LocalPathProvisioner auch nichts.

Auftritt von Longhorn

Viel mehr Komfort und redundanten Speicherplatz bietet die Open-Source-Software Longhorn. Longhorn kann Daten automatisch in mehreren verteilt gespeicherten Kopien (sogenannten Replicas) auf dem gleichen Stand halten. Ganz nebenbei bekommt man mit Longhorn eine grafische Oberfläche für die Verwaltung sowie einen Backup-Mechanismus, der auf externe Ziele sichert. Die Einrichtung von Longhorn in einem bestehenden Cluster ist vergleichsweise schnell erledigt, ein paar Tücken warten dann im täglichen Betrieb.

Dass Anbieter wie Longhorn eine solche Speicherschicht für Kubernetes bauen können, liegt an einem Konzept namens „Container Storage Interface“ (CSI). Das ist die Kubernetes-Plug-in-Schnittstelle für Speicherplatz (sogenannten Block-Storage). Die wurde von den Kubernetes-Maintainern geschaffen, als sich immer klarer abzeichnete, dass man verschiedene Speicheranbindungen unmöglich im Kubernetes-Code selbst entwickeln kann.

Longhorn installieren Sie am schnellsten über den Kubernetes-Paketmanager Helm, der auf der lokalen Entwicklungsmaschine eingerichtet ist und dort auf die Kubeconfig-Datei mit den Cluster-Zugangsdaten zugreift [3]. Vor dem Helmeinsatz müssen Sie die Kubernetes-Welt aber kurz verlassen und auf den Servern zwei Pakete auf Linux-Ebene installieren.

Longhorn erwartet, dass iSCSI auf allen Maschinen installiert ist. Unter Debian und Ubuntu erreichen Sie das mit dem folgenden Befehl, direkt auf den Servern ausgeführt:

```
sudo apt install open-iscsi
```

Unter SUSE und openSUSE mit dem Paketmanager Zypper heißt das Paket ebenfalls `open-iscsi`. Die mehrschrittige Anleitung für Server-Distributionen aus der Red-Hat-Großfamilie finden Sie in der Longhorn-Dokumentation (siehe ct.de/yqtp).

Zweite Voraussetzung ist ein NFS-Client. Den bekommen Sie unter Debian und Ubuntu per

```
sudo apt install nfs-common
```

Unter Red Hat heißt das Paket `nfs-utils`, bei SUSE `nfs-client`. Wenn Sie von manuellen Paketinstallationen genervt sind, sollten Sie die Installation der beiden Pakete für all Ihre Kubernetes-Server automatisieren – zum Beispiel mit Ansible oder zumindest per Skript.

Sind diese Linux-Vorarbeiten erledigt, ist es Zeit für den Kubernetes-Paketmanager Helm und die Longhorn-Installation selbst. Zunächst müssen Sie die Paketquelle von Longhorn einbinden:

```
helm repo add longhorn \
  https://charts.longhorn.io
helm repo update
```

Anschließend ist Longhorn mit einem Befehl im Namespace `longhorn-system` installiert. Wenn es den vor der Installation noch nicht gibt, wird er direkt angelegt. Die Longhorn-Entwickler empfehlen, diesen Namespace nicht zu ändern. Die Installation starten Sie mit:

```
helm install longhorn \
  longhorn/longhorn \
  --namespace longhorn-system \
  --create-namespace --version 1.4.0
```

Wenn Sie diesen Artikel deutlich nach März 2023 lesen, sollten Sie mit dem Befehl `helm search repo longhorn` nach der aktuellen Version Ausschau halten und diese Angabe im Befehl anpassen. Alle Befehle aus diesem Artikel finden Sie auch über ct.de/yqtp zum Kopieren.

Nach der Installation verrät der folgende Befehl, ob alle Pods für Longhorn einsatzbereit sind:

```
kubectl get pods -n longhorn-system
```

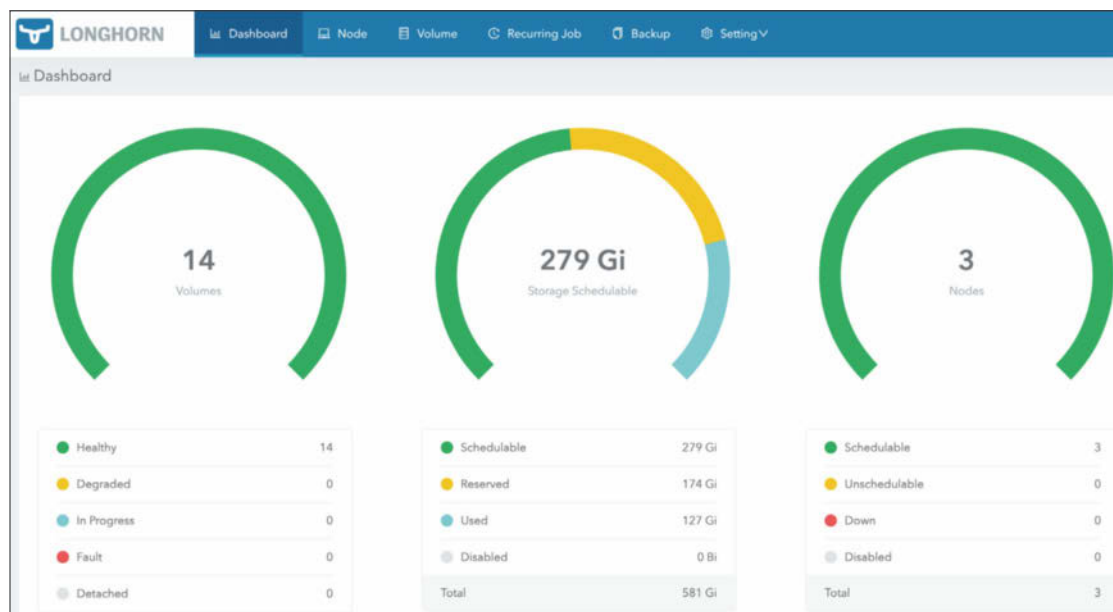
Solange dort nicht hinter jeder Zeile `Running` steht, muss sich die Software noch berappeln. Anhand der Pod-Namen kann man erahnen, was Longhorn im Hintergrund anstellen muss, um redundanten Speicherplatz bereitzustellen: Es gibt Attacher, Provisioner, Resizer, Snapshotter und Manager, die für verschiedene Abschnitte im Lebenszyklus eines Volumes zuständig sind. Als Longhorn-Anwender hat man mit diesen Pods wenig zu tun, weil sie die meisten Schritte automatisch erledigen.

Für die wenigen Aufgaben, die man als Admin überhaupt per Hand anschieben muss, gibt es eine Longhorn-Web-Oberfläche. Zwei Pods, die `longhorn-ui` im Namen tragen, liegen dafür nach der Installation bereit und auch ein Service ist eingerichtet. Damit man von außen darauf zugreifen kann, muss man eingehenden HTTP-Verkehr auf diesen Service umleiten. Dafür gibt es gleich zwei Wege, einen permanenten und einen temporären.

Wer nur ab und zu auf die Oberfläche schauen möchte, greift zum Kubernetes-Werkzeug `Port-Forward`. Damit kann man sich als Administrator eine direkte Verbindung zwischen einem Port des eigenen Rechners und einem Service im Cluster aufbauen – auch abseits von Longhorn eine nützliche Funktion und auch nicht auf HTTP beschränkt. Die Longhorn-Ober-

ct kompakt

- Kubernetes kann über eine Schnittstelle namens „Container Storage Interface“ (CSI) verschiedene Anbieter von Speicherplatz anbinden. Ein solcher ist Longhorn.
- Longhorn speichert Volumes nicht nur redundant, sondern fertigt auch Snapshots und inkrementelle Backups.
- Für die Verwaltung gibt es eine Web-Oberfläche, die auf einen Blick verrät, wie es um den Cluster bestellt ist.



Speicherplatz im Blick: Longhorn stellt Informationen zu Servern und Volumes in einer Weboberfläche zur Verfügung.

fläche gelangt mit folgendem Befehl auf den eigenen Computer:

```
kubectl --namespace longhorn-system \
  port-forward \
  &service/longhorn-frontend 3080:80
```

Solange die Kommandozeilensitzung geöffnet ist, erreichen Sie die Longhorn-Oberfläche im Browser unter `http://localhost:3080`. Zu sehen gibt es zu Beginn noch nicht viel, weil keine Volumes angelegt sind, die verwaltet werden müssen. Wie Sie Ihr erstes Longhorn-Volume erzeugen, lesen Sie im Abschnitt „Ein Volume, bitte“. Wenn Sie für die Administration des Clusters das GUI von Lens nutzen (zum Download über `ct.de/yqtp`), können Sie eine solche Portweiterleitung dort mit einem Klick in der Oberfläche aktivieren.

Reichen Ihnen die gelegentlichen Weiterleitungen per Port-Forward nicht, können Sie die Oberfläche auch über die IngressRoute eines Reverse-Proxy dauerhaft anbinden. Doch Achtung: Von Haus aus ist keine Authentifizierung vorgesehen. Auch diese Aufgabe müssen Sie also einem Reverse-Proxy überlassen, weil Sie die Verwaltung Ihrer Anwendungsdaten sicher nicht ohne Zugriffsschutz ins Internet hängen wollen.

Sollten Sie die Open-Source-Anwendung Traefik als Reverse-Proxy im Einsatz haben (wie in [4] beschrieben), ist die Route recht schnell angelegt und mit HTTP-Basic-Auth abgesichert. Im Kasten auf Seite 168 finden Sie die nötigen Schritte. Voraussetzung ist, dass Sie TLS mit einem Zertifikat eingerichtet haben – ohne

Transportverschlüsselung ist Basic-Auth kein sicherer Zugriffsschutz.

Ein Volume, bitte

Damit in der Weboberfläche etwas passiert, brauchen Sie ein oder mehrere Volumes. Ein Volume kann man – wie in der Kubernetes-Welt üblich – auf unterschiedlichen Wegen erzeugen. Der komfortabelste führt über einen Persistent-VolumeClaim (PVC), also ein Kubernetes-Objekt, das man separat anlegt und das ein Volume vorbestellt. Ein solcher PVC wird dann an einen Pod geheftet, in dessen Konfiguration man auch festlegt, welcher Pfad eines Containers im Volume landen soll. Um Longhorn für ein Volume zu nutzen, muss man bei der Definition des PVC nur eine StorageClass angeben, die Longhorn verwendet. Bei der Installation legt Longhorn bereits eine solche Storage-Class namens `longhorn` an.

Als simples Beispiel reicht ein Nginx-Webserver, der seine Website in einem Volume ablegen soll. Zunächst brauchen Sie ein PVC namens `pvc-nginx`:

```
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  name: pvc-nginx
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  volumeMode: Block
  storageClassName: longhorn
resources:
  requests:
    storage: 1Gi
```

Damit wird 1 GByte aus der storageClass `longhorn` vorbestellt. Der `accessMode` ist ein nicht unwichtiges Detail. `ReadWriteOnce` ist die Standardeinstellung und auch die, die Sie in den allermeisten Fällen nutzen wollen. In diesem Modus darf genau ein Pod lesend und schreibend darauf zugreifen.

Longhorn kennt auch einen zweiten Modus: `ReadWriteMany` vollbringt das Kunststück, ein Laufwerk mehreren Pods auf mehreren Servern anzubieten, die alle gleichzeitig lesen und schreiben dürfen. Dafür gibt es bei einigen Anwendungen gute Gründe, alle Probleme kann man damit aber nicht lösen – dazu später mehr.

Wenn Sie den PVC in den Cluster befördert haben, können Sie schon mal einen Blick auf die Weboberfläche werfen. Unter dem Reiter `Volume` (oben in der blauen Leiste) taucht der Eintrag auf, der Status steht zunächst auf `Detached` – und zwar so lange, bis der erste Pod damit verbunden wird. Als Beispiel dient ein einfacher Nginx-Server:

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx-example
  namespace: default
spec:
  containers:
    - name: nginx
      image: nginx:alpine
      imagePullPolicy: IfNotPresent
      ports:
        - containerPort: 80
  volumeMounts:
    - name: nginx-vol
```



```

    mountPath: /usr/share/nginx
volumes:
- name: nginx-vol
  persistentVolumeClaim:
    claimName: pvc-nginx

```

Wenn Sie auch Nginx in den Cluster gebracht haben, wechselt der Status des Volumes in der Oberfläche. Sofern Sie einen Cluster aus mindestens drei Servern haben, sollte in der ersten Spalte in grüner Schrift Healthy stehen. Ein Klick auf den Namen zeigt eine Detailansicht mit den Replicas.

Sollten Sie das Beispiel auf einem Single-Node-Cluster ausprobieren, schafft es das Volume nicht in den Healthy-Zustand und bleibt Degraded. Das ist kein Fehler, sondern eine logische Folge der Standard-StorageClass namens longhorn. Die ist so konfiguriert, dass ein Volume immer in drei Replicas vorgehalten wird und diese auf drei Nodes verteilt sind. Gibt es nur einen Node, kann Longhorn die beiden Kopien nicht platzieren und bezeichnet das Volume als Degraded (selbiges passiert auch, wenn mal ein Node ausfällt).

Wenn Sie Longhorn-Volumes brauchen, die nicht repliziert werden sollen, müssen Sie eine eigene StorageClass dafür anlegen. Auch das ist kein großer Akt und mit einem Kubernetes-Objekt erledigt:

```

kind: StorageClass
apiVersion: storage.k8s.io/v1
metadata:
  name: longhorn-single
provisioner: driver.longhorn.io
allowVolumeExpansion: true
reclaimPolicy: Delete
volumeBindingMode: Immediate
parameters:
  numberOfReplicas: "1"
  staleReplicaTimeout: "2880"
  fromBackup: ""
  fsType: "ext4"

```

Entscheidende Abweichung ist die Zeile `numberOfReplicas: "1"`. Wenn Sie sich für die weiteren Konfigurationsmöglichkeiten interessieren, finden Sie alle Parameter in der Longhorn-Dokumentation (siehe ct.de/yqtp).

Überall Nägel

Wer einen Hammer hat, neigt dazu, in jedem Problem einen Nagel zu sehen. Diese Weisheit gilt auch für Longhorn, das man leicht mit einem Universalwerkzeug

für alle redundanten Speicheraufgaben verwechseln kann. Schnell hat man zum Beispiel eine MariaDB- oder PostgreSQL-Datenbank per Kubernetes-Deployment mehrfach hochgefahren und per Longhorn ein gemeinsames Longhorn-Volume im Modus ReadWriteMany angehängt. Das Ergebnis: eine korrupte Datenbank und mehrere abstürzende Pods. Schuld am Datensalat ist aber nicht Longhorn, sondern die Funktionsweise von Datenbanksoftware. Die ist schlicht nicht darauf ausgelegt, dass mehrere unabhängige Datenbankprozesse auf einen Datensatz schreiben.

Eine SQL- oder NoSQL-Datenbank lässt sich also leider nicht so einfach skalieren: Das funktioniert ausschließlich auf Ebene der Datenbankverwaltung selbst, nicht auf Ebene des Festplattenspeichers. Jede Datenbank handhabt den Clusterbetrieb ein bisschen anders. Bei MariaDB heißt die Funktion „MariaDB Galera Cluster“, für PostgreSQL gibt es PgCluster und für MongoDB Atlas. Löhnen kann sich auch ein Blick auf jüngere Datenbanken, die von Anfang an auf den Kubernetes-Einsatz ausgelegt wurden. Die Datenbank CockroachDB zum Beispiel verhält sich gegenüber dem Client (mit einigen Einschränkungen) wie eine PostgreSQL-Datenbank, läuft aber von Haus aus im Clusterbetrieb.

In allen clusterbaren Datenbanken laufen mehrere Pods mit demselben Container-Image, jeder Pod hat aber ein eigenes Volume. Ein Algorithmus wie Raft [6] erledigt die Replikation. Keine gute Idee ist es, eine solche Datenbank zu nutzen und jeden Datenbank-Pod auf ein eigenes Longhorn-Volume mit aktivierter Replikation schreiben zu lassen. Die Daten werden dann unnötig und auf Kosten der Performance gleich mehrfach dupliziert, wie das folgende Beispiel ganz konkret zeigt: Eine Datenbank mit eingebauter Replikation läuft in drei Pods (db-0, db-1 und db-2), verteilt auf drei Maschinen. Gibt man jedem Pod jetzt ein replizierendes Volume, kopiert Longhorn insgesamt 3×3 Replicas mit der gesamten Datenbank über die drei Maschinen – ein zuverlässiger Weg, um den Cluster ganz ohne Benutzer auszulasten und auf Dauer in die Knie zu zwingen.

Wann immer eine Software selbst einen Replikationsmechanismus mitbringt, brauchen Sie eine StorageClass ohne Replikation wie die oben angelegte `longhorn-single`. Im Prinzip könnten Sie

in solchen Fällen Longhorn einfach links liegen lassen und zum Beispiel wieder zum `LocalPathProvisioner` greifen. Doch damit verlieren Sie auch die anderen Vorteile, die Longhorn mitbringt – den schnellen Überblick über Füllstände per Web-Oberfläche und die externen Backups zum Beispiel.

Löschblockade

Volumes und `PersistentVolumeClaims` verhalten sich in vielen Punkten anders als andere Kubernetes-Objekte. Das liegt daran, dass sie nicht so flüchtig sind wie zum Beispiel Pods, die man einfach aus einem Image neu erzeugen kann. Daher kann man nicht alle Eigenschaften von PVCs ändern und sie auch nicht so leicht löschen.

Ein Volume können Sie über die Web-Oberfläche löschen, indem Sie rechts auf das Menü klicken und Delete auswählen. Doch damit verschwindet der zugehörige PVC noch nicht. Der Befehl

```
kubectl get pvc
```

enthüllt: Der PVC steht weiter in der Liste, auch Stunden später noch. Nur sein Status hat sich geändert auf „Terminating“. Schuld daran ist ein sogenannter Finalizer. Das ist ein Eintrag in den Metadaten eines Objekts, der Kubernetes am Löschen hindern kann. Wenn Sie sich sicher sind, dass Sie den PVC wirklich löschen möchten, entfernen Sie ihn per Kubectl. Für den Befehl brauchen Sie den Namen des PVC, nicht etwa des zugehörigen Volumes:

```

kubectl patch pvc <Name des PVC> &
❖-p '{"metadata":{"finalizers":null}}'

```

Im Alltag

In der Praxis kommt es häufiger vor, dass Sie den `PersistentVolumeClaim` nicht selbst anlegen, sondern Speicherplatz für eine Anwendung brauchen, die jemand anderes bereitstellt – zum Beispiel über ein Helm-Chart. Typischerweise legen die Autoren solcher Charts die Angabe einer StorageClass in die Values-Datei, sodass Sie vor der Installation nur in der jeweiligen Dokumentation nachschlagen müssen, unter welchem Schlüssel Sie den Namen Ihrer StorageClass eintragen müssen. In solchen Fällen ist es Ihre Verantwortung als Administrator, eine kluge Wahl zu treffen. In jedem Fall sollten Sie

sich vorab informieren, was die Anwendung zu speichern gedenkt und ob es sich um eine Software handelt, die schon einen eigenen Replikationsmechanismus mitbringt.

Mit diesen Informationen sind Sie bereit, eigene Erfahrungen mit Longhorn zu sammeln. Mehr als nur einen Gedanken sollten Sie auf die Themen Snapshots und Backups verwenden. Ein Snapshot ist eine Momentaufnahme des Inhalts – Longhorn zieht zum vorgegebenen Zeitpunkt eine Schicht in seiner Datenhaltung ein und schreibt alle Veränderungen seit dem letzten Snapshot in die neue Schicht. Das

aktuelle Laufwerk ist eine Aneinanderreihung dieser Zwischenstände, die übereinandergelegt werden. Das Verfahren ähnelt der Funktionsweise von Container-Images, die auch aus Schichten bestehen. Einen Snapshot erstellen Sie, indem Sie die Detail-Seite eines Volumes anlegen und etwas nach unten scrollen. Dort findet sich ein Button, um einen Snapshot zu starten.

Einen solchen Snapshot wieder einzuspielen, also in der Zeit zurückzureisen, ist kaum aufwendiger. Zunächst geht man in die Volume-Übersicht zurück und öffnet dort das Menü auf dem Volume. Dort

wählt man den Befehl Detach und direkt im Anschluss wieder Attach – das Volume muss im Maintenance-Modus auf dem Node eingebunden werden. Anschließend wechselt man wieder auf die Detail-Seite, scrollt bis zu den Snapshots, klickt einen an und wählt den Menüpunkt Revert. Im Anschluss wieder detachen und ohne Maintenance-Modus wieder einhängen. Aber Achtung: Was für replizierende Volumes gilt, gilt auch für Snapshots: In Verbindung mit replizierenden Datenbanken können Sie sich diese Probleme einfangen, wenn Sie plötzlich auf einen älteren Zeitpunkt springen. Nutzen Sie also

IngressRoute mit Anmeldung

Traefik kann eingehende Anfragen gleich mit mehreren Authentifizierungsverfahren vor unbefugten Zugriffen schützen. In komplexeren Umgebungen mit vielen Nutzern kann Traefik die Authentifizierung auch an andere Server delegieren, für eine Admin-Seite ist HTTP-Basic-Auth das einfachste Verfahren: Bei der Einrichtung hinterlegt man eine Kombination aus Benutzername und Hash eines Kennworts im Cluster. Möchte man sich mit der Seite verbinden, fragt der Browser die Anmelde-daten in einem schmucklosen Fenster ab.

Los geht die Einrichtung auf einer Maschine mit Linux, macOS oder dem WSL unter Windows. Mit der folgenden Zeile bauen Sie einen Base64-encodierten String zusammen, der Benutzername und gehashtes Kennwort im richtigen Format enthält. `htpasswd` stammt aus dem Apache-Universum und Traefik nutzt dessen etabliertes Format:

```
htpasswd -nb admin secretPw |&
openssl base64
```

Ersetzen Sie den Benutzernamen `admin` und das Passwort durch eigene Daten. Die Zeichenkette kommt dann in ein neues Kubernetes-Secret:

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: longhorn-ui-credentials
  namespace: longhorn-system
data:
  users: |
    YWRtaW46JGFwcjEjEkdSVdYUnZWQUkkb0d...
```

Das zweite Kubernetes-Objekt ist eine Middleware – das ist Traefiks Konzept, um in jeglichen Verkehr einzugreifen. Diese Middleware namens `longhorn-auth` verweist auf das oben angelegte Secret:

```
apiVersion: traefik.containo.us/v1alpha1
kind: Middleware
metadata:
  name: longhorn-auth
  namespace: longhorn-system
spec:
  basicAuth:
    secret: longhorn-ui-credentials
```

Die Longhorn-Oberfläche soll unter der Adresse `example.org/longhorn` veröffentlicht werden. Damit das klappt, braucht es noch eine weitere Middleware, die eine Schwäche der Longhorn-Oberfläche ausgleicht. Die ist von Haus aus nicht darauf vorbereitet, unterhalb eines Pfads wie `/longhorn` erreichbar zu sein. Per `stripPrefix`-Middleware kann Traefik diesen Pfadbestandteil aus den Anfragen heraus-schneiden. Ein Handgriff, den Sie auch bei vielen anderen Diensten kennen sollten, die Sie unter einem Pfad bereitstellen wollen:

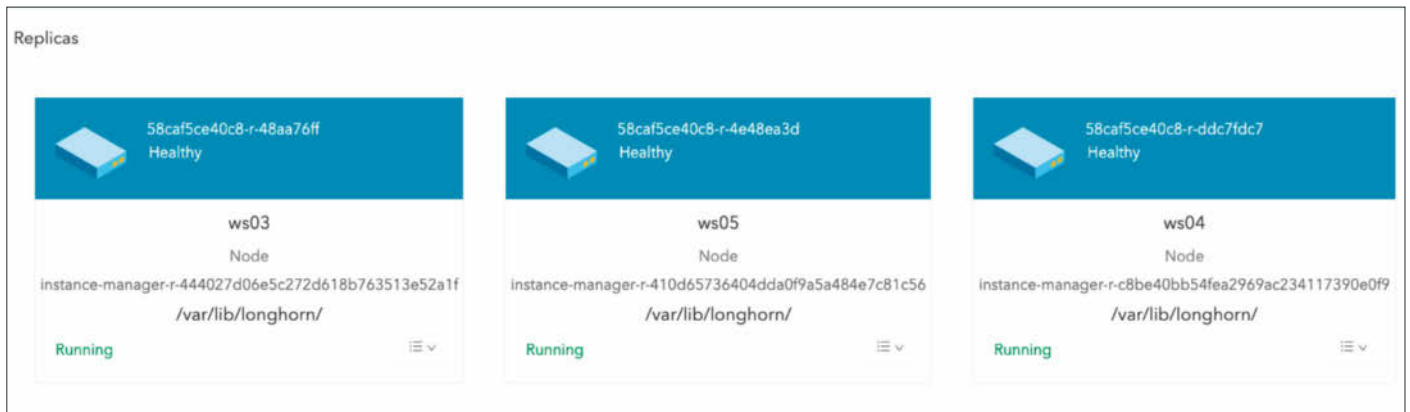
```
apiVersion: traefik.containo.us/v1alpha1
kind: Middleware
metadata:
  name: longhorn-strip
  namespace: longhorn-system
spec:
  stripPrefix:
```

```
prefixes:
  - /longhorn
```

Der dritte Schritt ist weitgehend Standardkost: Sie brauchen eine Ingress-Route, die auf den Service für die Traefik-Oberfläche zeigt und die mit den Middlewares verknüpft ist:

```
apiVersion: traefik.containo.us/v1alpha1
kind: IngressRoute
metadata:
  name: longhorn-ingress
  namespace: longhorn-system
spec:
  entryPoints:
    - websecure
  routes:
    - match: Host(`www.example.org`) && PathPrefix(`/longhorn`)
      kind: Rule
  services:
    - name: longhorn-frontend
      port: 80
  middlewares:
    - name: longhorn-auth
      namespace: longhorn-system
    - name: longhorn-strip
      namespace: longhorn-system
```

Diese vier Objekte speichern Sie am besten per `---` getrennt in einer Datei und bringen sie gemeinsam per `Kubect`-Befehl in den Cluster. Direkt im Anschluss ist Longhorn unter `www.example.org/longhorn/` erreichbar. Einziger kleiner Schönheitsfehler: Der `/` am Ende ist Pflicht, sonst lädt die Seite nicht.



Ein Volume, drei Replicas. Longhorn hält die Daten auf drei Servern vor.

bevorzugt die Backup- und Restore-Funktionen der Datenbank selbst.

Ein Backup folgt immer aus einem Snapshot. Konkret wird also zuerst eine Momentaufnahme erstellt und diese dann auf ein externes Backup-Ziel kopiert. Als Ablageort für Backups kennt Longhorn S3-Speicherplatz und NFS. Ersteren kann man bei zahlreichen Cloud Providern anmieten, letzterer steht in vielen Unternehmensnetzen schon bereit. Die Einrichtung setzt etwas NFS- oder S3-Erfahrung voraus, ist dann aber mal wieder eine Kubernetes-Standard-Übung. Im Kern muss man nur ein Secret mit den Zugangsdaten für den Backupplatz in den Cluster bringen und anschließend die Adresse des Speicherorts in der Longhorn-Konfiguration hinterlegen. Die findet man über die Reiter oben hinter dem Menüpunkt Setting/General. Wie Sie S3 oder NFS als Backupziel anbinden, würde den Rahmen dieser Einführung sprengen – die Longhorn-Dokumentation erklärt das sehr ausführlich. Dort gibt es rund um Backups und Snapshots noch mehr zu entdecken. Unter anderem erfahren Sie, wie Sie direkt an der StorageClass definieren, wie oft die Volumes ins Backup sollen.

Das letzte Problem

Bevor Sie echte Daten in Longhorn verwalten, sollten Sie ausführliche Trockenübungen mit einem Experimentiercluster (am besten mit mindestens drei Nodes) vollziehen. Spielen Sie die möglichen Katastrophenfälle am besten alle durch und halten Sie die nötigen Schritte zum Einspielen von Backups in einem Handbuch für sich und eventuelle Admin-Kollegen fest. Zu diesen Übungen gehören Sprünge zu älteren Snapshots sowie das Einspielen von ganzen Backups aus dem S3- oder NFS-Speicher.

Eine weitere unerlässliche Übung: einen der Nodes ohne Vorwarnung abschalten (wie es bei einem Stromausfall passieren kann). Dabei können Sie auf ein ziemlich hinderliches Problem stoßen: Ein mit einem Longhorn-Volume verbundener Pod, der aus einem Deployment erzeugt wurde, verschwindet schlagartig (weil sein Node nicht mehr auffindbar ist). Doch entgegen Ihrer Erwartung passiert nichts. Kubernetes unternimmt keine Anstalten, den Pod auf einem der anderen Nodes zu starten, obwohl dort Replicas des Longhorn-Volumes liegen. Die Anwendung fällt aus, obwohl Sie alles so schön redundant geplant haben. Schuld ist eine gut in den Einstellungen (Setting/General) versteckte Option mit dem Namen „Pod Deletion Policy When Node is Down“. Legen Sie den Schalter um auf „delete-both-statefulset-and-deployment-pod“ und speichern Sie mithilfe des Speichern-Buttons am Ende der Seite. Mit dieser Anweisung wird ein Pod verlagert, wenn ein Node nicht mehr auffindbar ist – so wie man es von einem redundanten Cluster erwartet.

Alternativen

Longhorn ist längst nicht der einzige Storage-Anbieter, der an das CSI von Kubernetes andockt. Die offizielle Liste der CSI-Maintainer enthält über 100 Einträge. Gespeichert werden kann nicht nur auf Festplatten, die sich im Cluster selbst befinden – per CSI lässt sich auf fast alles zugreifen, was in Unternehmen, Kleinbüros oder bei Cloud Providern steht und Daten aufbewahrt. NAS-Hersteller Synology stellt ebenso einen CSI-Adapter bereit (csi.synology.com) wie Amazon AWS oder Microsoft Azure. Es gibt Adapter für Hard- und Software von Dell, HPE und NetApp.

Das Prinzip funktioniert immer gleich und wie bei Longhorn: Man folgt der Anweisung des Anbieters für die Installation (meist per Helm-Chart), legt dann eine StorageClass mit individuellen Einstellungen an und hängt die an PersistentVolumeClaims.

Horizont

Mit Longhorn kennen Sie nun einen Storage-Anbieter, der eine gute Figur macht, wenn Sie sich als Kubernetes-Administrator auch um Ihren eigenen redundanten Speicherplatz kümmern müssen. Mit dem CSI kennen Sie ein zentrales Konzept, um Kubernetes für eigene Bedürfnisse zu erweitern. Ähnlich wie CSI funktionieren zwei andere Arten von Schnittstellen, das Container-Runtime-Interface (CRI) und das Container-Network-Interface (CNI). Per CRI kann man andere Container-Runtimes anbinden (eher keine Aufgabe, die man im Alltag braucht), das CNI braucht man immer dann, wenn eine Software tiefer in den Netzwerkverkehr im Cluster eingreifen muss. (jam@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Jan Mahn, Containerkompetenzoffensive, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 1, c't 22/2022, S. 164
- [2] Jan Mahn, Dickschiffkapitän, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 2, c't 23/2022, S. 158
- [3] Jan Mahn, Containervernetzer, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 3, c't 25/2022, S. 162
- [4] Jan Mahn, Containerladeoffizier, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 4, c't 26/2022, S. 130
- [5] Jan Mahn, Container-Sicherheitsbegehung, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 5, c't 3/2023, S. 154
- [6] Jan Mahn, Gemeinsame Wahrheit, Wie verteilte Systeme dank Raft-Algorithmus zusammenarbeiten, c't 21/2022, S. 146

Dokumentation: ct.de/yqtp

Für Wissenshungrige...

Ausgewählte Fachliteratur



Wolfram Gieseke

Windows 11 – Power-Tipps

Ob ein externes Gerät nicht erkannt wird, Programme nicht mehr wie gewohnt laufen oder ein Ihnen unbekannter Update-Fehler auftritt: Wenn Sie den unterschiedlichen Fehlermeldungen selbst auf den Grund gehen möchten, hilft Ihnen dieses Buch weiter.

19,95 €



Brian Svidergol, Bob Clements, Charles Pluta

Microsoft 365 Mobilität und Sicherheit

Bereiten Sie sich auf die Microsoft-Prüfung MS-101 vor und zeigen Sie, dass Sie die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Verwaltung von Mobilität und Sicherheit in Microsoft 365 sowie die damit verbundenen Verwaltungsaufgaben in der Praxis beherrschen. Dieses Prüfungstraining wurde für erfahrene IT-Profis entwickelt.

49,90 €



Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (2. Auflage)

Dies ist ein Leitfaden für angehende Hacker, Penetration Tester, IT-Systembeauftragte, Sicherheitsspezialisten und interessierte Poweruser. Mithilfe vieler Workshops sowie Tipps und Tricks lernen Sie die Vorgehensweise eines professionellen Hacking-Angriffs kennen.

49,99 €



Michael Weigend

Python 3 für Studium und Ausbildung

Alle wichtigen Grundlagen der Python-Programmierung werden erklärt. Es sind keine Vorkenntnisse notwendig und die Themen werden fachunabhängig erläutert.

19,99 €



Christian Immler

Haus und Wohnung smart vernetzt

Ob Sie Daten, Musik und Medien im ganzen Haus nutzen, Ihr WLAN optimieren oder per App aus der Ferne Ihre Heizung anstellen, diese und weitere relevante Themen rund um Ihr vernetztes Zuhause werden in diesem Buch ausführlich besprochen.

19,95 €



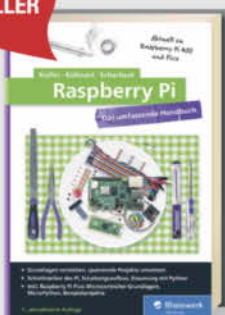
Thomas Kaffka

3D-Druck – Praxisbuch für Einsteiger (3. Auflage)

Entdecken Sie die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten des 3D-Drucks in allen Varianten: vom Einsatz des eigenen 3D-Druckers zu Hause über die Verwendung von öffentlich zugänglichen Druckern bis hin zur Nutzung von 3D-Druckservices.

29,99 €

BEST-SELLER



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck

Raspberry Pi (7. Auflage)

Das Standardwerk in 7. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi Pico. Die RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten Ihnen auf über 1.000 Seiten das komplette Wissen, damit Sie mit dem Raspberry Pi richtig durchstarten.

44,90 €



Anatomie 4D – Der menschliche Körper

Mithilfe einer kostenlosen App und bahnbrechender Augmented Reality kann der Aufbau der Knochen, die Muskeln in Aktion, das Nerven- und Kreislaufsystem sowie das größte menschliche Organ, die Haut, beobachtet werden.

14,95 €



shop.heise.de/highlights2023

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS



Zubehör und Gadgets



Oxocard Artwork Creative Coding

Mit dem leistungsfähigen Dual-Core Chip ESP32 liefert die Oxocard genügend Power für Ihre Experimente. Lernen Sie in kurzer Zeit wie man beeindruckende visuelle Effekte erzeugt, wie wir sie aus Spielen und Filmen kennen.

69,90 €



musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €



Joy-IT LCR-T7 Messgerät

Mit Hilfe des LCR Messgerätes können Sie die Induktivitäten (L) von Spulen, Kapazitäten (C) von Kondensatoren und deren Widerstände (R) als Verlust messen. Die automatische Bauteilerkennung von dem Messgerät kann elektronische Komponenten (Dioden, Z-Dioden, Doppeldioden, Widerstände, Kondensatoren, Induktoren, Thyristoren, Triacs, Feldeffekttransistoren, Bipolartransistoren und Batterien) erkennen.

29,90 €



Nitrokey 3A NFC

Der Nitrokey 3 vereint die Funktionen vorheriger Nitrokey Modelle: FIDO2, Einmalpasswörter, OpenPGP Chipkarte, Curve25519, Passwort-Manager, Common Criteria EAL 6+ zertifiziertes Secure Element, Firmware-Updates. Damit werden Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl geschützt.

59,90 €



Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt. Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €



NEU

JOY-IT DSO-138 M mini Oszilloskop

Das Mini- Oszilloskop mit einer Bildschirm-Größe von 2,4" kann per USB oder Akku betrieben werden. Eine Verbesserung ist der externe Triggereingang, welcher TTL- und LVTTTL-Signale als Quelle akzeptiert und serielle Ausgabe von Wellenformdaten.

54,90 €



Die Reise mit dem micro:bit V2

Mit der Electronic Adventure Experimentier-Box ab 8 Jahren lernt man in aufeinander aufbauenden Lektionen wie sich auf Basis des BBC micro:bit spannende Experimente verwirklichen lassen.

49,90 €



REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet ohne Internetverbindung und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem PIN-Schutz abgesichert werden.

44,90 €

Arbeiten und absetzen

Neuregelungen bei der Steuer fürs Arbeitszimmer

Nach ein paar Jahren pandemiebedingter Provisorien hat der Gesetzgeber einige steuerliche Regelungen rund um das häusliche Arbeitszimmer dauerhaft im Gesetz verankert. Sowohl Selbstständige als auch Arbeitnehmer können davon profitieren.

Von Martin Weigel

Kurz vor Jahresende hat es die neue Arbeitszimmerregelung doch noch in das Jahressteuergesetz 2022 geschafft. Das Homeoffice bleibt weiterhin wichtig für Selbstständige, Freiberufler und Arbeitnehmer. Daher war es sinnvoll, die bisherige gesetzliche Regelung zur beruflichen oder betrieblichen Nutzung von Räumen im Wohnbereich auf neue Füße zu stellen.

Anlässlich der Coronaepidemie hatte die Regierung die sogenannte Homeoffice-Pauschale eingeführt und die Regelung in den Folgejahren lediglich verlängert. Jetzt wurde die Regelung auf Dauer eingeführt und die abziehbaren Aufwendungen erhöht. In Zusammenhang mit dieser Regelung soll ab dem Kalenderjahr 2023 die bisherige gesetzliche Arbeitszimmerbestimmung des § 4 Abs. 5 Satz 1 Nr. 6b des Einkommensteuergesetzes (EStG) durch die neu gefassten Regelungen in § 4 Abs. 5 Satz 1 Nr. 6b und § 4 Abs. 5 Satz 1 Nr. 6c EStG ersetzt werden. Den Wortlaut der maßgeblichen Gesetze haben wir in nebenstehendem Kasten wiedergegeben.

Das neue häusliche Arbeitszimmer

Die Ausgaben für ein Arbeitszimmer können als Betriebsausgabe oder Werbungskosten vom zu versteuernden Einkommen abzuziehen sein, je nachdem, ob der Steuerpflichtige das Einkommen als

Selbstständiger oder als Arbeitnehmer erzielt. Der Einfachheit halber sprechen wir im Folgenden nur von Ausgaben und beziehen uns zudem ausschließlich auf Arbeit in der eigenen Wohnung oder im eigenen Haus. Nicht betroffen ist der Abzug von Kosten für ein außerhäusliches Arbeitszimmer.

Ein häusliches Arbeitszimmer ist nach steuerrechtlicher Definition ein Raum, der seiner Lage, Funktion und Ausstattung nach in die häusliche Sphäre des Steuerpflichtigen eingebunden ist und vorwiegend dazu dient, beruflich veranlasste Arbeiten zu erledigen. Die mit dem Begriff des häuslichen Arbeitszimmers verbundenen Fragen haben wir in Ausgabe 21/2020, Seite 168 dargestellt.

Die Einrichtung eines häuslichen Arbeitszimmers könnte steuerlich schon deswegen interessant sein, um neben Mietaufwendungen, Absetzung für Abnutzung und Schuldzinsen auch die Ausstattung sowie die (anteiligen) Energiekosten bei der Steuer geltend zu machen. Allerdings bleibt der Abzug für das häusliche Arbeitszimmer in der Regel auf 1250 Euro beschränkt. Auf die Möglichkeit des vollständigen Abzugs der Kosten gehen wir später noch ein.

Der genannte Höchstbetrag von 1250 Euro kann als Pauschbetrag angegeben

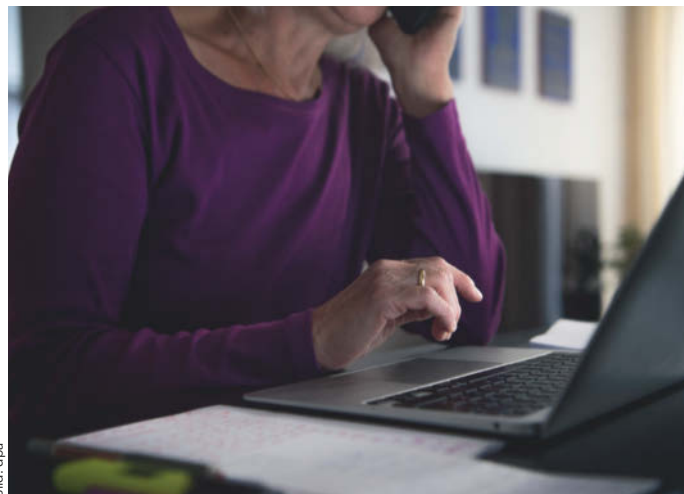
werden. So muss der Arbeitszimmerinhaber seine jeweiligen Aufwendungen nicht mehr ermitteln und überprüfen lassen. Wer ein häusliches Arbeitszimmer hat, kann den Pauschbetrag von 1250 Euro als Ausgaben geltend machen. Dies kommt vor allem denjenigen zugute, die bisher keine Aufwendungen in dieser Höhe nachweisen konnten.

Diener zweier Herrn

Wenn man verschiedene betriebliche oder berufliche Tätigkeiten im häuslichen Arbeitszimmer ausübt, etwa einen Hauptjob als Angestellter und einen freiberuflichen Nebenjob, und die Voraussetzungen für den Abzug der Jahrespauschale jeweils erfüllt, ist die Jahrespauschale von 1250 Euro auf die verschiedenen Tätigkeiten aufzuteilen.

Der Betrag von 1250 Euro bezieht sich auf den Arbeitsraum. Er wird also nur einmal gewährt. Für denjenigen, der mehrere Tätigkeiten ausübt, erhöht sich daher der Abzugsbetrag nicht. Das gleiche gilt für den Fall, dass mehrere Personen dasselbe häusliche Arbeitszimmer nutzen. Der Betrag von 1250 Euro ist dann auf die Nutzer aufzuteilen.

Betriebsausgaben und Werbungskosten, die die Schwelle von 1250 Euro überschreiten, lassen sich wie bisher in voller



Weil viele Berufstätige auch nach der Pandemie das Homeoffice weiterhin als Arbeitsplatz nutzen, hat der Gesetzgeber die zunächst provisorischen steuerlichen Regelungen nun auf Dauer angepasst.

Höhe ansetzen, wenn das häusliche Arbeitszimmer den Mittelpunkt der gesamten betrieblichen und beruflichen Betätigung darstellt. Man kann dann aus Vereinfachungsgründen zwischen dem Abzug der tatsächlichen Kosten und der Jahrespauschale von 1250 Euro wählen. Werden höhere Aufwendungen als 1250 Euro geltend gemacht, müssen diese Kosten weiterhin nachgewiesen werden.

Die Neuregelung enthält jedoch eine wesentliche Einschränkung: Entgegen der Vorgängerregelung darf dem Arbeitszimmerinhaber dauerhaft kein anderer Arbeitsplatz zur Verfügung stehen. Ein aus-häusiger Arbeitsplatz steht auch beim sogenannten Desk-Sharing zur Verfügung, also in Fällen, in denen der Arbeitnehmer zuvor seine Anwesenheit im Büro anmelden muss, um einen Arbeitsplatz zugewiesen zu bekommen.

Dies dürfte bedeuten, dass die Arbeitszimmeraufwendungen jedenfalls dann nicht als Ausgaben abgesetzt werden können, wenn der Arbeitszimmerinhaber unterschiedliche Tätigkeiten ausübt und er in einem Bereich ein Arbeitszimmer nutzen kann.

Muss der Arbeitszimmerinhaber nicht an allen Wochenarbeitsagen in der häuslichen Wohnung arbeiten, steht ihm an den übrigen Arbeitstagen hingegen ein anderer Arbeitsplatz zur Verfügung, dann kann er seine Aufwendungen für das heimische Arbeitszimmer nicht insgesamt über die Pauschale von 1250 Euro geltend machen, sondern nur über die Tagespauschale nach der neuen Nummer 6c EStG.

Tagelöhner

Unter Abkehr von der bisherigen Steuersystematik wurde auch die sogenannte Homeoffice-Pauschale nun endgültig in das Einkommensteuergesetz aufgenommen: Auch wenn kein Arbeitszimmer vorhanden ist, kann eine Tagespauschale von 5 Euro pro Tag für Arbeiten in der häuslichen Wohnung bei der Einkommensteuer als Ausgaben abgesetzt werden. Voraussetzung ist, dass man überwiegend in der häuslichen Wohnung arbeitet – beispielsweise am Küchentisch – und seinen normalen Arbeitsplatz (steuerrechtlich: die erste Tätigkeitsstätte) nicht aufsucht. Der bisherige Höchstbetrag von 600 Euro wurde auf 1000 Euro im Wirtschafts- oder Kalenderjahr – und damit auf maximal 200 Tage im Jahr erhöht. Die Tagespauschale für Arbeiten an Tagen in der häuslichen Wohnung kann auch beansprucht

Steuerliche Neuregelung zum Homeoffice

Betriebsausgaben/Werbungskosten (§ 9 Abs. 5 Satz 1 EStG) sind: ...

6b. Aufwendungen für ein häusliches Arbeitszimmer sowie die Kosten der Ausstattung. Steht für die betriebliche und berufliche Tätigkeit dauerhaft kein anderer Arbeitsplatz zur Verfügung, können die Aufwendungen für die gesamte betriebliche und berufliche Betätigung pauschal mit dem Betrag von 1250 Euro im Wirtschafts- oder Kalenderjahr (Jahrespauschale) abgezogen werden; bildet das Arbeitszimmer darüber hinaus auch den Mittelpunkt der gesamten betrieblichen und beruflichen Betätigung, können anstelle der Jahrespauschale die tatsächlichen Aufwendungen abgezogen werden;

6c. Für jeden Kalendertag, an dem die betriebliche oder berufliche Tätigkeit überwiegend in der häuslichen Wohnung

ausgeübt und keine außerhalb der häuslichen Wohnung belegene erste Tätigkeitsstätte aufgesucht wird, kann für die gesamte betriebliche und berufliche Betätigung ein Betrag von 5 Euro (Tagespauschale), höchstens 1000 Euro im Wirtschafts- oder Kalenderjahr, abgezogen werden. Steht für die betriebliche oder berufliche Tätigkeit dauerhaft kein anderer Arbeitsplatz zur Verfügung, ist ein Abzug der Tagespauschale zulässig, wenn die Tätigkeit am gleichen Kalendertag auch auswärts oder an der ersten Tätigkeitsstätte ausgeübt wird. Der Abzug der Tagespauschale ist nicht zulässig, soweit für die Wohnung Unterkunftskosten im Rahmen der Nummer 6a oder des § 9 Absatz 1 Satz 3 Nummer 5 abgezogen werden können oder wenn ein Abzug nach Nummer 6b vorgenommen wird.

werden, wenn neben dem häuslichen noch ein anderer Arbeitsplatz zur Verfügung steht.

Wer mehrere berufliche Tätigkeiten ausübt, kann die Tagespauschale lediglich bis zum Höchstsatz von 1000 Euro im Jahr beanspruchen. Die Tagespauschalen sind dann auf die unterschiedlichen Tätigkeiten aufzuteilen.

Außerdem kann die Tagespauschale fürs Homeoffice grundsätzlich nicht neben der Entfernungspauschale (§ 9 Abs. 1 Satz 3 Nr. 4 EStG) für Fahrten zur Arbeitsstelle (erste Tätigkeitsstätte) beansprucht werden. Dieser Ausschluss gilt nur dann nicht, wenn für die betriebliche oder berufliche Betätigung zwar ausschließlich der heimische (Büro-)Arbeitsplatz zur Verfügung steht, man aber dennoch zu einer Arbeitsstätte unterwegs ist. Dann kann sowohl die Entfernungspauschale als auch die Tagespauschale abgezogen werden. Es empfiehlt sich hier, diesen Sonderfall vorsorglich zu dokumentieren, um für Nachfragen des Finanzamts gewappnet zu sein. Ein typischer Fall wäre eine Lehrerin, die zwar zum Unterrichten in die Schule oder zu ihren Schülern nach Hause fährt, für die Vor- und Nachbearbeitungen aber nur das heimische Arbeitszimmer zur Verfügung hat.

Anders als nach den bisherigen Regelungen zur Homeoffice-Pauschale

schließen geltend gemachte Reisekosten den Abzug der Tagespauschale nicht grundsätzlich aus, wenn die Gesamtarbeitszeit in der häuslichen Wohnung mehr als die Gesamtarbeitszeit des Tages beträgt. Das wäre etwa bei einem Kundenbetreuer der Fall, der zwar ein häusliches Arbeitszimmer hat, dieses aber steuerrechtlich nicht geltend machen kann, weil zum Beispiel zu viele private Dinge dort lagern. Fährt er an einem Tag von zu Hause aus zum Kunden und anschließend zurück nach Hause, von wo er insgesamt mehr als die Hälfte der Arbeitszeit des Tages verbringt, dann kann er sowohl seine Fahrt als Reisekosten als auch die Tagespauschale fürs Homeoffice bei der Steuer ansetzen. In solchen Fällen empfiehlt sich allerdings eine Dokumentation der Fahrt zum Kunden und der Gesamtarbeitszeit des Tages.

Die Tagespauschale kann allerdings nicht beansprucht werden, wenn in einer Wohnung gearbeitet wird, für die bereits Unterkunftskosten für eine betrieblich oder beruflich veranlasste doppelte Haushaltsführung (gemäß § 4 Abs. 5 Satz 1 Nr. 6a oder § 9 Abs. 1 Satz 3 Nr. 5 Sätze 1–4 EStG) beansprucht werden. Das betrifft also sogenannte Wochenendpendler, wenn sie am Arbeitsort eine Zweitwohnung haben und dort gelegentlich im Homeoffice tätig sind. (tig@ct.de) **ct**

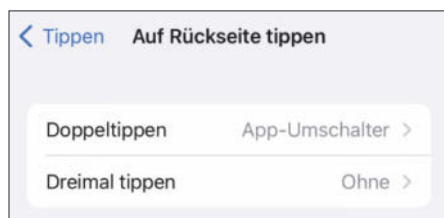
Tipps & Tricks

Sie fragen – wir antworten!

Zusätzliche Taste für iPhones

? Auf dem iPhone kann ich mit einem Doppeltipp auf den Home-Button eine Übersicht über geöffnete Apps aufrufen und schnell zwischen diesen wechseln. Leider komme ich, wenn ich mein Telefon halte, nur sehr unbequem mit dem Daumen an die Taste. Kann ich die Funktion irgendwie umlegen?

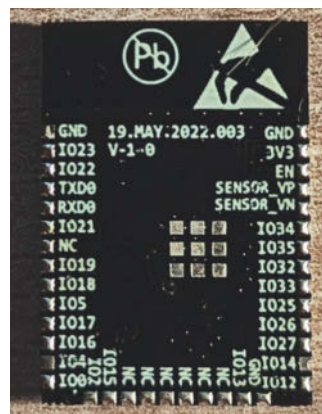
! Vielleicht löst die Funktion „Auf Rückseite tippen“ Ihr Problem. Damit können Sie einen Doppel- oder Dreifach-tipp auf die Rückseite des Smartphones mit einer Funktion belegen. iOS erkennt die Tippgesten über den Bewegungssensor, daher funktioniert das auch mit Schutzhüllen und Handschuhen. Die Funktion ist gut versteckt in den Einstellungen unter Bedienungshilfen/Tippen/Auf Rückseite tippen. Die Funktion, die Sie belegen wollen, heißt „App-Umschalter“ – Sie können aber auch andere Funktionen schnell erreichbar machen. (jam@ct.de)



Tief in den iPhone-Einstellungen verborgen ist die Funktion „Auf Rückseite tippen“, die Sie vielfältig selbst belegen können.

ESP32-CAM: Kaputte Module im Umlauf

? In c't 6/23 las es sich so, als könne man beim Kauf der ESP32-CAM-Entwickler-Boards nichts falsch machen. Ich habe



Auf den ersten Blick eine vollständiges Entwicklungsboard ESP32-CAM (links) mit achtbeinigem PSRAM unten rechts. Das Entlöten des ESP32-Moduls eines ESP32-CAM-Boards offenbarte dann, dass Signalleitungen für das PSRAM nicht verbunden sind (NC, rechtes Bild).

Bild: Florian Klug

jetzt aber eins, das partout nicht mit dem Projekt zum Auslesen der Wasseruhr arbeiten will und auch als Webcam nur briefmarkengroße Bilder liefert.

! Das ist ein deutliches Zeichen dafür, dass Sie an eine „Fälschung“ geraten sind. Leser Florian Klug hatte das gleiche Problem und hat es näher untersucht: Seine ESP32-CAM-Platine war augenscheinlich mit einem PSRAM-Chip bestückt und trotzdem warf die Firmware fürs Auslesen der Wasseruhr den Fehler aus: „PSRAM ID read error: 0xffffffff“, der eigentlich typisch für ein eingespartes Bauteil ist.

Er hat schließlich das Modul „ESP32-S“ ausgelötet und festgestellt, dass die für das Ansprechen des PSRAM-Bausteins nötigen Pins gar nicht belegt sind (mit NC beschriftet für Not Connected). Er hatte zuvor auch schon mit dem Oszilloskop gesehen, dass sich auf den PSRAM-Anschlüssen außer dem Clock-Signal nichts regt. Wir haben in unserer Sammlung auch ein solches Modul gefunden, vermutlich aus der gleichen Quelle.

Kurzum: Schauen Sie sich vor dem Bestellen die Bewertungen an. Im Fall des von Florian Klug und uns gekauften Moduls gibt es mehrere Hinweise auf die Fehlfunktion. Wenn Sie schon hereinge-

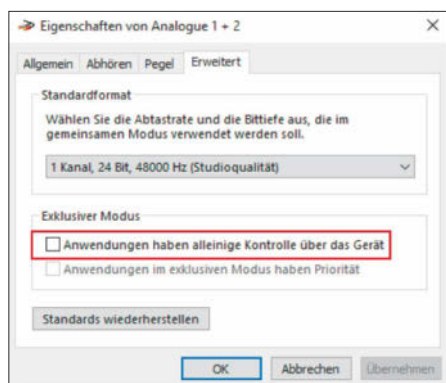
fallen sind: Der Händler sollte das Modul kostenfrei ersetzen oder den Kaufpreis erstatten – schließlich funktioniert es nicht wie beschrieben. Das Aufspielen der oben genannten Firmware geht schnell und liefert einen eindeutigen Hinweis für die Fehlfunktion. (ps@ct.de)

Mikrofonlautstärke in Teams variiert

? Windows 10 und 11 verstellen häufig automatisch die Mikrofonlautstärke in den systemweiten Einstellungen, das nervt speziell bei Teams-Konferenzen. Was verursacht die Umstellungen und wie kann ich das verhindern?

! Manche Windows-Programme mit Mikrofonzugriff können die Lautstärke anpassen – nicht nur programmintern, sondern systemweit. In Skype etwa hat Microsoft eine Einstellung einbaut, um diese Automatik ausschalten zu können. In anderen Tools fehlt diese, allen voran Microsoft Teams. Die automatische Umstellung der Mikrofonumstellung kann man Windows mit einigen Schritten trotzdem abtrainieren.

Zum einen müssen Sie die in Windows integrierte Xbox Game Bar deaktivieren.



Das Häkchen, welches Anwendungen alleinige Kontrolle über das Mikrofon erlaubt, muss weg, damit die Mikrofonlautstärke systemweit unverändert bleibt.

Öffnen Sie dazu die Einstellungen – Spiele – Xbox Game Bar. Die Xbox Game Bar ist für Funktionen wie die zur Erstellung von Screenshots da, hat allerdings auch Rechte, um auf das Mikrofon zuzugreifen. Irgendwo in den Tiefen des Betriebssystemes findet wohl eine unerwünschte Interaktion mit Teams statt.

Zum anderen muss der Haken bei der Einstellung „Anwendungen haben alleinige Kontrolle über das Gerät“ bei allen verbundenen Mikrofonen entfernt werden, einschließlich der nicht genutzten. Ändert man die Option nur beim aktuell genutzten Mikrofon, hat sie oftmals nicht die gewünschte Wirkung.

Unter Windows 10 finden Sie die Option, wenn Sie in der Taskleiste auf das Lautsprechersymbol rechtsklicken, die Sound-Einstellungen öffnen, oben rechts auf die Sound-Systemsteuerung klicken, in den Reiter „Aufnahme“ wechseln, per Rechtsklick auf ein Mikrofon zu den Eigenschaften gehen und dort den Reiter „Erweitert“ aufrufen. Bei Windows 11 versteckt sich die gesuchte Option in den Einstellungen unter System – Sound ganz unten bei „weitere Soundeinstellungen“. Im sich öffnenden Fenster wechseln Sie in den Reiter „Aufnahme“ und klicken zuerst auf eine Mikrofonzeile, dann auf Eigenschaften und entfernen im neuen Fenster unter „Erweitert“ die angesprochenen Häkchen. (mma@ct.de)

USB-Medien mit Schreibschutz

Ich helfe gelegentlich Freunden und Bekannten bei ihren PC-Problemen.

Dazu habe ich fast immer einen startfähigen USB-Stick mit den wichtigsten Programmen dabei. Doch beim Anstecken habe ich häufig ein mulmiges Gefühl, denn viele dieser PCs sind mit Viren verseucht. Ein Schreibschutz würde mich beruhigen, doch ich finde kein passendes Modell. Wie kann ich mich sonst vor einem Virenbefall schützen?

Als USB-Speicher mit Schreibschutz eignet sich auch eine SD-Karte mit einem Speicherkartenleser. Diese sind nur unwesentlich größer als ein USB-Stick, aber Achtung: Der Kartenleser ist für die Auswertung des Schreibschutzschalters zuständig. Probieren Sie also vor dem ersten Einstecken an einen fremden Rechner auf Ihrem eigenen PC aus, ob der Schreibschutz wirklich funktioniert.

Wenn Sie unbedingt bei einem kleinen Stick bleiben möchten, dann können Sie sich auch mit einem Trick behelfen: Erstellen Sie ein Image von ihrem fertigen Notfall-Stick. Wenn Sie den Stick dann unterwegs an einem potenziell verseuchten Rechner benutzt haben, löschen Sie ihn gleich an diesem Rechner und dann spielen Sie zu Hause wieder das virenfreie Image auf. Wenn Sie das auf einem Raspi oder in einer virtuellen Umgebung machen, dann ist die Gefahr einer Infektion sehr gering. (ll@ct.de)

cmd-Fenster in Windows 11 positionieren

Beim Start meines PCs mit Windows 11 läuft beim Login ein Backup via cmd-Script. Leider positioniert Windows 11 das Fenster nicht da auf dem Bildschirm, wo ich es gerne hätte. Unter Windows 10 konnte man die Position des cmd-Fensters einfach dadurch abspeichern, dass man das Fenster an die gewünschte Stelle verschoben hatte. Eine ähnliche Möglichkeit habe ich unter Windows 11 bislang nicht gefunden. Haben Sie eine Lösung für mein Problem?

Batch-Dateien werden in Windows 11 standardmäßig im neuen Windows-Terminal ausgeführt. Dem kann man zwar beibringen, sich an einer bestimmten Fensterposition zu öffnen, aber das ist wahrscheinlich nicht das, was Sie wollen: Wir vermuten, dass Sie Ihr Backup-Skript eher an den Rand des Bildschirms schieben, jedenfalls nicht dorthin, wo sich nor-

malerweise eine Eingabeaufforderung oder eine PowerShell öffnen soll.

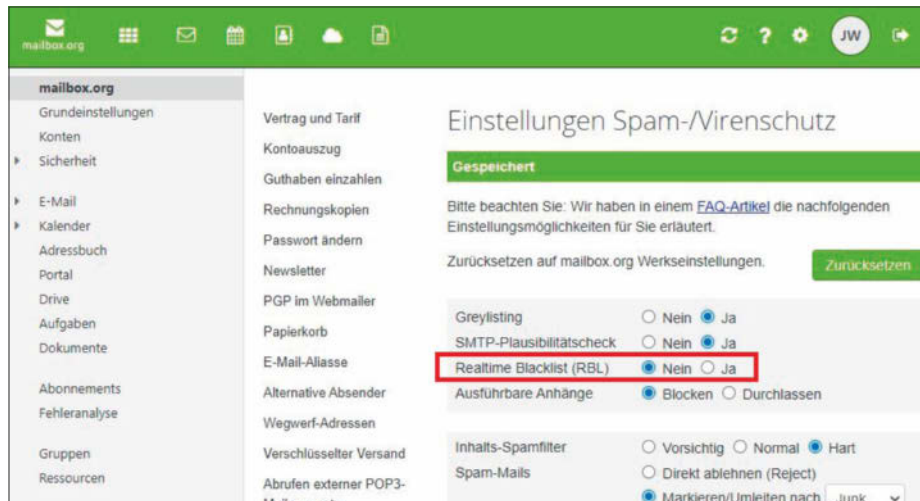
Um Ihr Skript noch in dem alten Konsolenfenster auszuführen, bearbeiten Sie am besten den Link oder Registry-Eintrag, mit dem Sie das Skript starten. Da wird so etwas wie `C:\Pfad\zu\Meinbackup.bat` oder `cmd /c C:\Pfad\zu\Meinbackup.cmd` stehen. Schreiben Sie, abgetrennt durch ein Leerzeichen, einfach `conhost` davor. Während das Skript läuft, können Sie nun über einen Klick auf das kleine Icon ganz oben links in dem Fenster dessen Eigenschaften aufrufen und dort auf der Seite „Layout“ die Fensterposition und -größe Ihren Wünschen entsprechend festlegen. (hos@ct.de)

Mailbox.org nimmt Posts einer Mailingliste nicht an

Ich stehe auf einem E-Mail-Verteiler mit meiner E-Mail-Adresse, die bei Mailbox.org liegt. Doch die meisten Mails an diesen Verteiler werden nicht an mich weitergeleitet. Stattdessen erhält der jeweilige Absender eine Fehlermeldung, wonach Mailbox.org den Empfang der Mail ablehnt – mit einem nicht funktionierenden Link auf `barracudanetworks.com`. Was kann ich tun?

Der Mailedienstleister Mailbox.org setzt mehrere Techniken ein, um Spam zu erkennen. Eine davon nutzt die sogenannten Realtime Blacklists (RBL), zu denen auch die Liste des Sicherheitsdienstleisters Barracuda zählt. Barracuda hält in diesem Fall offenbar einen SMTP-Server des Betreibers der Mailingliste für eine Spamschleuder. Mailbox.org wertet die RBL von Barracuda aus und verweigert daraufhin den Empfang der Mail von diesem SMTP-Server. Warum die Fehlermeldung einen nicht funktionierenden Link enthält, ist unklar.

Mehrere Abhilfen sind denkbar: Speziell bei Mailbox.org können Sie die RBL-Überprüfung deaktivieren. Gehen Sie dazu in der Weboberfläche in die Einstellungen (Zahnrad oben rechts) und dort links im Menü „mailbox.org“ auf den Punkt „Einstellungen Spam-/Virenschutz“. Dann schalten Sie „Realtime Blacklist (RBL)“ aus und tippen auf „Speichern“. Der Support weist daraufhin, dass mehrere RBLs zum Einsatz kommen und nicht alle für jedes Konto einzeln abschaltbar sind. Im Fall von `barracudanetworks.com` hat diese Option geholfen.



Im Spam- und Virenschutz von Mailbox.org müssen Sie die „Realtime Blacklist (RBL)“ ausschalten, damit fälschlich aussortierte Mails ankommen.

Alternativ könnten Sie sich mit einer anderen Mailadresse auf dem Verteiler eintragen und hoffen, dass die Mails dort zuverlässig ankommen. Von dieser Adresse könnten Sie sich dann wieder eine Weiterleitung auf Mailbox.org einrichten.

Die nachhaltigste Lösung wäre, den Mailhoster der Verteilerliste zu bitten, dafür zu sorgen, dass seine SMTP-Server nicht als Spamschleudern benutzt oder eingeschätzt werden. Diese Bitte sollte der Betreiber des Verteilers stellen, doch der Mailhoster müsste möglicherweise mit mehreren RBL-Anbietern Kontakt aufnehmen und mit denen um zig verschiedene Spamkriterien und sich vielleicht sogar widersprechende Maßnahmen diskutieren. Oder der Verteilernetreiber kontaktiert Mailbox.org und legt überzeugend dar, warum genau diese eine RBL nicht gut arbeitet. Einige dieser Gespräche dürften schon ergebnislos stattgefunden haben, da solche Probleme länger bestehen.

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass der Betreiber der Mailingliste einen anderen Mailhoster nutzt – was einen großen

Aufwand nach sich zieht, gerade wenn der Betreiber beispielsweise ein Verein ist, der auch normale Mailkonten pflegt und mit allem umziehen müsste, vielleicht sogar inklusive Homepage. Auch da ist vorab kaum einschätzbar, ob der neue Mailhost nicht ebenfalls auf der einen oder anderen Blacklist auftaucht. (jow@ct.de)

„Unlöschbare“ Dateien in Windows 10

! Auf meinem Arbeits-PC kommt es gelegentlich vor, dass ich eine von mir selbst erzeugte Datei trotz Admin-Rechten nicht mehr löschen kann. Selbst unser Firmen-Admin muss sich erst umständlich die nötigen Rechte verschaffen. Gibt es da keine einfachere Lösung?

! So etwas kommt gelegentlich vor. Mit Benutzerrechten hat das aber meist nichts zu tun – wenn Sie eine Datei selbst angelegt haben, sollten Sie sie auch wieder löschen dürfen.

Wenn Windows das verweigert, liegt das in der Regel daran, dass irgendein Programm die Datei gerade benutzt. Das kann beispielsweise ein Virens Scanner sein, ein Backup-Skript oder der Synchronisationsclient eines Cloudspeicherdienstes. Meist hilft es dann, ein paar Sekunden zu warten und es erneut zu versuchen. Führt das nicht zum Erfolg, muss man herausfinden, welcher Prozess die Datei mit Beschlag belegt. Dann kann man ihn beenden oder dazu bringen, die Datei zu schließen. Zum Aufspüren eignet sich zum Beispiel das Modul „File Locksmith“ aus den Microsoft

PowerToys. Mit dem Process Explorer von Microsoft Sysinternals (siehe ct.de/yj7b) kann man eine Datei sogar gewaltsam dem Prozess entziehen, der sie geöffnet hat, aber das sollte man nur in Ausnahmefällen tun, weil das zu Programmabstürzen und Datenverlust führen kann. (hos@ct.de)

Download File Locksmith und Process Explorer: ct.de/yj7b

aptX-LL-Codec für Bluetooth-Kopfhörer erzwingen

? Ich habe einen Bluetooth-(BT-)Sender und Empfänger, den ich per Klinke an den Tonausgang des Fernsehers anschließe. Der BT-Adapter versteht sich auf die Codecs SBC, aptX, aptX-LL und aptX-HD, ebenso wie mein Kopfhörer August EP765. Ich möchte den TV-Ton gerne mit möglichst kurzer Verzögerung im Kopfhörer hören. Wie kann ich das Verwenden des Codec aptX-LL erzwingen?

! Wenn der Hersteller keinen Schalter angebracht hat, dann hat man als Anwender keine Chance, den gewünschten Codec selbst einzustellen.

Der Hintergrund ist, dass sich die Rahmenbedingungen für Bluetooth schnell ändern. Zum Beispiel nähern und entfernen sich WLAN-Störer unvorhersehbar und beeinflussen so, wie viele Nutzdaten pro Sekunde übertragbar sind. Deshalb programmieren viele Hersteller ihre Bluetooth-Audiosender so, dass sie den Codec und vor allem die Kodierrate automatisch einstellen. So reißt die Wiedergabe nicht ab, auch wenn man die Distanz zum Sender ändert, also beispielsweise vom Sofa aufsteht und ein Glas Wasser aus der Küche holt.

Es gibt aber durchaus Bluetooth-Sender, in denen man den Codec per Hand einstellen kann, beispielsweise den Creative BT-W3, der das Audio-Signal über USB aufnimmt und via Bluetooth weiterreicht. Vielleicht funktioniert der an Ihrem TV-Gerät.

Ohne einen Schalter bleibt nur ein indirektes Mittel: Möglichst alle anderen 2,4-GHz-Übertragungen einschließlich WLAN auf später verschieben und die Distanz zum Bluetooth-Sender kurz halten. Beides verbessert die Wahrscheinlichkeit für einen ungestörten Übertragungskanal und somit für den besten Codec und die beste Kodierrate. (dz@ct.de)

Fragen richten Sie bitte an

hotline@ct.de

c't Magazin

@ctmagazin

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter **www.ct.de/hotline**.

.NET 6.0/7.0 im Praxiseinsatz

Werden Sie in sechs Webinaren zum Experten für die Softwareentwicklung mit dem modernen .NET

Das moderne .NET ist mittlerweile in Version 7.0 erschienen und löst in zunehmend mehr Entwicklungsabteilungen das klassische .NET Framework ab. In dieser sechsteiligen Webinar-Serie lernen Sie den Praxiseinsatz des modernen .NET anhand eines durchgehenden mehrschichtigen Fallbeispiels kennen.

19. April

.NET Framework 4.8 vs.
.NET 6.0/7.0: Was bringt
das moderne .NET?

26. April

Moderne Datenbankzugriffe
mit Entity Framework
Core 6.0/7.0

3. Mai

Web-API/REST-Dienste
mit ASP.NET Core WebAPI
und gRPC 6.0/7.0

10. Mai

Cross-Plattform-Apps
mit .NET MAUI 6.0/7.0

17. Mai

Single-Page-Web-Apps
und hybride Apps mit
Blazor 6.0/7.0

24. Mai

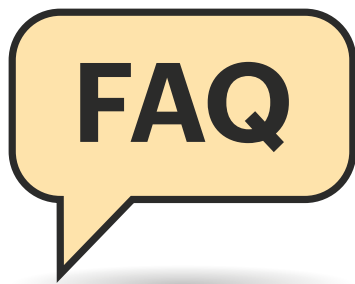
Windows-Anwendungen mit
WinUI3 und Cross-Plattform-
Anwendungen mit Uno

Kooperationspartner:

www.IT-Visions.de
Dr. Holger Schwichtenberg

Jetzt anmelden und 35 % sparen:
webinare.heise.de/net





Debitkarten

Immer öfter geben Banken Debitkarten von Visa und Mastercard aus anstelle der deutschen Girocard („EC-Karte“), zudem hat Mastercard sein „Maestro“-System abgekündigt. Wir beantworten die wichtigsten Fragen zu den alten und neueren Karten.

Von Markus Montz

Ende der Girocard?

? Ich habe gehört, dass die Girocard alias „EC-Karte“ im Sommer 2023 abgeschafft wird. Stimmt das?

! Nein, solche Meldungen in Fernsehen, Online- und Printmedien sind falsch. Die Girocard bleibt erhalten. Viele Kreditinstitute, darunter auch Sparkassen sowie Volks- und Raiffeisenbanken, wollen sie weiterhin als Standardkarte zu ihren Girokonten ausgeben. Abgeschafft wird ein Zweitsystem („Co-Badge“) namens „Maestro“, das sich auf vielen Karten befindet. Darüber konnte man bisher mit der Girocard auch außerhalb von Deutschland weltweit an Ladenkassen bezahlen und an Bankautomaten Bargeld ziehen. Maestro ist aber nicht sofort weg: Es werden ab Juli bloß keine Karten mit Maestro-Zweitsystem mehr ausgestellt. Bereits vorhandene Karten können Sie weiterhin im Ausland benutzen, bis Ihre Bank diese austauscht.

Girocard nicht auslandstauglich?

? Das heißt, ich kann mit einer Girocard nicht mehr im Ausland bezahlen?

! Wenn es eine „reine“ Girocard ist, geht das nicht. Die Girocard als solche funktioniert nur in Deutschland und in wenigen ausländischen Geschäften, meist in Grenznähe. Anderenfalls braucht sie ein Zweitsystem. Neben Maestro, das Mastercard betreibt, gibt es noch „V Pay“ von Visa. V Pay ist auf Europa beschränkt.

Mittlerweile geben einige Sparkassen ihren Kunden Karten aus, die als Zweitsystem eine sogenannte Debitkarte von Mastercard oder Visa bekommen haben. Diese erkennen Sie am jeweiligen Symbol und der zusätzlichen 16-stelligen Kartennummer. Diese Karten funktionieren nicht



Nur mithilfe von Zweitsystemen auf Ihrer Girocard, die Sie an den Logos von „Maestro“ oder „V Pay“ erkennen, können Sie mit der Karte bisher im Ausland zahlen. Man spricht von „Co-Badge“.

nur weltweit in Läden und an Automaten, sondern auch wie eine Kreditkarte im Internet.

Was bedeutet „Debitkarte“?

? Was ist überhaupt eine „Debitkarte“ und was der Unterschied zur Kreditkarte?

! „Debit“ bedeutet „Belastung“. Wenn Sie mit einer Debitkarte bezahlen, belastet das kartenausgebende Kreditinstitut den Betrag direkt Ihrem Girokonto und rechnet ihn spätestens nach ein paar Tagen ab. Nach diesem Prinzip funktioniert auch die Girocard, die technisch und rechtlich deshalb ebenfalls zu den Debitkarten zählt. Bei einer Kreditkarte gewährt die Bank Ihnen hingegen einen Kredit für den Zahlungsbetrag. Jede Zahlung sammelt sie

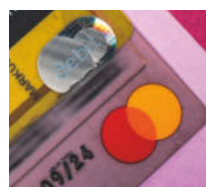
dazu auf einem Kreditkartenkonto. Diesen Kredit bucht sie meistens einmal im Monat komplett oder ratenweise von Ihrem Girokonto ab.

Unterschiede zwischen Debitkarten

? Was ist dann der Unterschied zwischen einer Girocard und einer Debitkarte von Mastercard oder Visa?

! Es handelt sich um drei verschiedene Zahlungsnetzwerke mit unterschiedlichen Betreibern. Hinter dem Girocard-System stehen die meisten deutschen Banken und Sparkassen. An das Netzwerk angebunden haben sich fast nur Ladengeschäfte und Banken (samt Geldautomaten) in Deutschland. Lediglich mit den Girocards der Sparkassen kann man mithilfe von Apple Pay auch zuverlässig im Onlinehandel zahlen [1].

Die Zahlungsnetzwerke von Visa und Mastercard umfassen Banken sowie Händler auf der ganzen Welt. Die Debitkarten für diese Netzwerke funktionieren genau wie deren Kreditkarten nicht nur in Läden und an Geldautomaten, sondern darüber hinaus auch uneingeschränkt im Onlinehandel: Genau wie bei der Kreditkarte geben Sie beim Online-Bezahlen mit einer Debitkarte von Mastercard und Visa Ihren Namen, die 16-stellige Kartennummer, das Ablaufdatum und eventuell den dreistelligen Code auf der Kartenrückseite ein. Anschließend authentifizieren Sie sich bei Bedarf mit „3-D Secure“ über Ihre Bank.



In Deutschland ist die Girocard, früher „EC-Karte“, am gebräuchlichsten (links). Weitere Debitkarten laufen über Visa (Mitte) und Mastercard (rechts).

Hilfe bei Problemen

? Wo bekomme ich Hilfe, wenn ich Fragen oder Reklamationen habe?

! Ihr Ansprechpartner ist stets die „kartenausgebende“ Bank („Issuer“), von der Sie die Karte erhalten haben. Sie wickelt auch alle Zahlungen mit der Karte ab und kümmert sich um Anträge auf Rückerstattung (Chargeback), wenn etwas schief gelaufen ist [2]. Deshalb finden Sie auf den Karten stets das Logo Ihrer Bank und das des Zahlungsnetzwerks aufgedruckt.

Möglichkeiten ohne Maestro

? Was machen die Banken ohne Maestro?

! Wenn Maestro nicht mehr verfügbar ist, gibt es mehrere Möglichkeiten. Option eins: Ihre Bank nutzt als Co-Badge V Pay, das Visa zumindest bisher nicht abgeändert hat. Option zwei: Ihre Bank gibt reine Girocards zum Girokonto aus. Wenn Sie ins Ausland reisen, müssen Sie eine zusätzliche (meist kostenpflichtige) Debit- oder Kreditkarte bei Ihrer Bank oder einem Fremdanbieter beantragen.

Option drei: Sie bekommen von Ihrer Bank standardmäßig eine Debitkarte von Visa oder Mastercard. Damit können Sie in Deutschland und im Ausland bezahlen, im Laden und online – allerdings könnten Sie hierzulande immer mal auf Händler und in sehr seltenen Fällen auch auf Geldautomaten stoßen, die nur die Girocard akzeptieren. Gelegentlich gibt es auch bei Reservierungen Probleme, dazu gleich mehr. Variante vier: Ihre Bank gibt eine Girocard heraus, die mit dem Co-Badge einer Visa- oder Mastercard-Debitkarte versehen ist. Sie vereint die jeweiligen Vorteile auf einer Karte und Sie können damit auch im Onlinehandel bezahlen.

Warum machen Banken das?

? Warum gibt meine Bank Girocards respektive Visa- oder Mastercard-Debitkarten aus?

! Darüber entscheidet das liebe Geld. Die Karten herzustellen kostet die Banken etwas. Zahlen Sie damit an der Kasse, fließen unterschiedlich hohe Ge-

bühren vom Händler an die Bank. Mit Visa und Mastercard nehmen die Banken außerdem Entgelte aus dem wachsenden Onlinehandel ein, wo die Girocard bisher nur selten funktioniert. Zudem locken Visa und Mastercard die Kreditinstitute mit finanziellen Anreizen.

Smartphone und Smartwatch

? Kann ich meine Debitkarte in einem Wallet hinterlegen und kontaktlos an der Ladenkasse zahlen?

! Ja, jedenfalls technisch. Jede Bank oder Sparkasse entscheidet aber selbst, ob sie ihren Kunden diese Möglichkeit anbietet (eine Liste finden Sie unter ct.de/yvyq). Grob gesagt funktionieren Visa- und Mastercard-Debitkarten der meisten Banken und Sparkassen in Deutschland mit dem Apple Wallet. Als Sparkassenkunde können Sie dort außerdem die hauseigene Girocard hinterlegen, mit den Girocards anderer Banken klappt das aber bislang nicht.

Das Wallet von Google unterstützen weniger Häuser. Insbesondere fehlen Sparkassen sowie Volks- und Raiffeisenbanken, da sie für Android-Handys eigene Wallets entwickelt haben. Außerdem können Sie im Google Wallet nur Debitkarten von Visa und Mastercard unterbringen, bisher aber keine Girocards.

Als PayPal-Kunde können Sie aber auch dann per Google Pay bezahlen, wenn Ihre Bank es nicht unterstützt: In der PayPal-App auf dem Handy legen Sie dazu eigens für Google Pay eine virtuelle Mastercard-Debitkarte an. Zahlungen zieht PayPal von Ihrem PayPal-Konto ein. Alternativ hilft (auch bei Apple Pay) eine virtuelle Prepaid-Karte von „VIMpay“.

Läden verweigern Visa und Mastercard

? Warum akzeptieren manche Geschäfte Visa und Mastercard nicht?

! Grundsätzlich darf jeder Händler – von der Pommesbude bis zur Supermarktkette – selbst bestimmen, welche Bezahlarten er seinen Kunden anbietet. Die Entscheidung hängt vor allem von den Gebühren ab, die der Händler für jede Kartenzahlung entrichten muss. Den Kuchen

teilen sich seine Bank, sein Zahlungsabwickler und die Kundenbank; bei Visa und Mastercard will auch das Kartennetzwerk etwas abhaben.

Debitkarten von Visa und Mastercard sind durchweg teurer als die Girocard und kosten Händler etwa 0,7 bis 1,0 Prozent des Umsatzes, online etwa das Doppelte. Hinzu kommt oft ein Sockelbetrag von einigen Cent. Für eine Girocard-Zahlung im Laden müssen Händler mit bis zu 0,25 Prozent plus Sockelbetrag kalkulieren, im allmählich zunehmenden Onlinegeschäft etwas mehr. Kleine inhabergeführte Geschäfte nehmen oft nur die Girocard, da sie ihre Gewinnmarge weniger stark anknabbert. Kunden sollten dabei bedenken, dass die Händler die Entgelte in einer Mischkalkulation auf ihre Produktpreise aufschlagen.

Geldautomaten

? Meine Debitkarte von Visa respektive Mastercard funktioniert nicht am Geldautomaten. Was ist da los?

! In den meisten Fällen dürfte es sich um einen vorübergehenden Fehler handeln. Auf Anfrage versicherten uns die deutschen Banken und Sparkassen, dass es an ihren Automaten keine generellen Beschränkungen für bestimmte Kartentypen gibt. Das ist plausibel, da sie Entgelte kassieren, wenn jemand mit einer institutsfremden Karte Geld abhebt. Grundsätzlich kann aber jedes Institut selbst bestimmen, ob es auch Inhabern von Visa- und Mastercard-Debitkarten Bargeld am Automaten auszahlt. Insbesondere bei den regional organisierten Sparkassen und Genossenschaftsbanken bleibt daher ein Rest Unsicherheit, ob wirklich jeder Automat uneingeschränkt Zugriff gewährt.

Girocard online nutzen

? Warum kann ich mit meiner Girocard nicht online bezahlen?

! Die polemische Antwort: Weil die deutschen Banken und Sparkassen es lange verschlafen haben, die Girocard für den E-Commerce zu ertüchtigen. Es gibt aber seit Kurzem eine Ausnahme. Wenn Sie eine Girocard einer Sparkasse sowie ein iPhone, iPad oder einen neueren Mac

besitzen, können Sie die Karte im Apple Wallet hinterlegen. Damit können Sie bei allen Onlinehändlern zahlen, die Apple Pay als Bezahlart anbieten [1].

Die Sparkassen sowie Volks- und Raiffeisenbanken wollen ihren Kunden außerdem in Kürze eine digitale Girocard für Android-Smartphones anbieten. Um damit zu zahlen, müssen Sie sich im Onlinebanking für Giro Pay registrieren und die Giro Pay-App auf dem Handy installieren. Zusätzlich benötigen Sie die App „Mobiles Bezahlen“ der Sparkassen oder „VR Pay“ der Volks- und Raiffeisenbanken und müssen darin eine Girocard hinterlegen.

Kautionen

? Wieso will ein Hotel mit meiner Debitkarte von Visa oder Mastercard kein Zimmer reservieren?

! Für Reservierungen und Kautionen blocken Hotels oder Autovermietungen einen Betrag im Rahmen des Karten- oder Kontolimits. Bei Kreditkarten belastet die Bank dem Kunden den Betrag als Kredit und schreibt dem Händler das Geld bereits gut, bevor sie die Kreditkartenrechnung vom Konto abbucht. Ist das Konto nicht gedeckt, muss sich die Bank das Geld vom Kunden holen.

Bei einer Debitkarte kann es passieren, dass das Konto des Kunden zwischen Zahlung und Abbuchung in die Unterdeckung rutscht. Der Kunde hat die Leistung dann womöglich schon erhalten, nun muss aber das Hotel oder die Vermietung dem Geld hinterherlaufen. Daher lehnten solche Dienstleister Debitkarten lange Zeit ab und verlangten eine Kreditkarte. Mittlerweile hat sich das Verfahren eingespielt und die Akzeptanz von Debitkarten ist stark gestiegen.

Keine kontaktlose Zahlung mit Kombikarten

? Warum kann ich mit meiner Sparkassen-Kombikarte (Girocard und Mastercard Debit) an manchen Kassen nicht kontaktlos zahlen?

! Höchstwahrscheinlich ist das Kassenterminal noch nicht darauf vorbereitet. Wie uns die Sparkassen mitteilten, stellt der Händler respektive dessen Zahlungsdienstleister in der Regel eine Präfe-



Die neuen Girocards mit Visa oder Mastercard Debit als Co-Badge (erkennbar an der 16-stelligen Kartennummer) bereiten gelegentlich noch Probleme beim kontaktlosen Bezahlen.

renz für Karten mit Co-Badge ein. In Deutschland ist das stets die für ihn kostengünstigere Girocard. Ohne Vorkonfiguration weiß das Terminal aber nicht, was es tun soll. Eventuell kann die Kassenkraft nachhelfen. Wenn nicht, müssen Sie die Karte ins Terminal stecken. Dann können Sie auswählen, ob Sie per Girocard oder Mastercard bezahlen möchten, und geben anschließend die PIN ein. Die meisten Terminals sind aber bereits auf die Kombination aus Girocard und Debitkarte von Mastercard oder Visa vorbereitet, der Rest dürfte mit den nächsten Softwareupdates folgen.

Übrigens: Bei einer Girocard mit Co-Badge können Sie der Kassenkraft vor (!) der Zahlung immer mitteilen, ob Sie lieber die Girocard oder das Co-Badge-Netzwerk nutzen möchten. Für Sie macht das preislich keinen Unterschied.

TAN-Generator

? Funktionieren im TAN-Generator anstelle der Girocard auch Debitkarten von Visa und Mastercard?

! Nein, grundsätzlich nicht. Stellt Ihre Bank um, haben Sie ein Problem, zum Beispiel als Kunde der DKB: Sie bietet das chipTAN-Verfahren mit ihren Girocards für das Onlinebanking noch an, gibt aber als Standard eine Visa-Debitkarte aus. Die Girocard bekommen Sie nur noch auf Anfrage und kostenpflichtig [3].

Sicherheit

? Was ist sicherer, Girocard oder Visa und Mastercard?

! Technisch gibt es keinen Unterschied: Alle drei nutzen für ihre Karten die bisher nicht geknackten Kryptochips nach dem EMV-Standard. Größere Zahlungen

müssen Kunden zudem durch eine Zweifaktor-Authentifizierung absichern. Besonders sicher sind Zahlungen mit einem gut geschützten Smartphone [4]. Auch im E-Commerce, der vor allem Visa und Mastercard betrifft, ist das Sicherheitsniveau hoch. Deshalb versuchen Betrüger dort vor allem, die Nutzer selbst zu Fehlern zu verleiten. Da man die Girocard im Onlinehandel bisher kaum antrifft, wird sie auch selten zum Ziel. Speziell für Apple Pay gibt aber auch Maschen, die auf Girocard-Nutzer abzielen [5].

Datenflüsse

? Wohin fließen meine Daten?

! Das kommt darauf an. Bei der Girocard bleiben die Daten auf deutschen Bankservern, bei Zahlungen mit Visa und Mastercard können Daten auf Servern in den USA landen. Weitere Akteure wie Apple und Google kommen bei Smartphone-Zahlungen ins Spiel, wobei Apple Daten allein für die Zahlung nutzt, Google auch für personalisierte Werbung [3]. Händler bekommen aber auf legalem Weg keine persönlichen Daten, sofern Sie das nicht ausdrücklich erlauben. (mon@ct.de)

Literatur

- [1] Tobias Weidemann, Renovierung erfolgreich, Warum man mit Giro Pay nun besser zahlt als mit PayPal oder Kreditkarten, c't 4/2023, S. 122
- [2] Markus Montz, Verlustfrei bleiben, Wie Sie falsche Kartenabbuchungen zurückbekommen, c't 24/2022, S. 152
- [3] Markus Montz, Kleines Logo, große Wirkung, Mit welcher Debitkarte Sie besser bezahlen: Girocard oder Visa und Mastercard, c't 22/2022, S. 114
- [4] Markus Montz, Digitale Zahlmeister, Sicher und datensparsam mit dem Smartphone bezahlen, c't 3/2023, S. 20
- [5] Markus Montz, Neue Masche beim Kartenbetrug, c't 26/2022, S. 37

Banken, die Google Pay und Apple Pay anbieten: [ct.de/vvyq](https://www.ct.de/vvyq)



MIT **Mac & i** IMMER DER ZEIT VORRAUS

+ Geschenk
nach Wahl



z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein oder Apple-Watch-Ständer

2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Praxiswissen
- Hard- und Softwaretests
- Reports und Hintergründe
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 €

(Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit
der Mac & i Club-
Mitgliedschaft
exklusive Vorteile!



Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/miniabo

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80 009 120

Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.



Tobias Scheible

Hardware & Security

Werkzeuge, Pentesting, Prävention

Rheinwerk, Bonn 2022

(Der Buchverlag gehört wie c't zu Heise Medien.)

ISBN 978-3836279024

548 Seiten, 60 €

(im Bundle mit E-Book: 65 €;
PDF-/Epub-/Kindle-E-Book allein:
60 €)

Hackerwissen

Vor Cyber-Attacken aus dem Internet kann man sich recht gut schützen. Doch manchmal kommt der Angreifer einfach vorbei und hat diese Hacking-Gadgets im Gepäck. Welche es gibt und wie man sie erkennt, erklärt Tobias Scheible.

Hacking-Gadgets, wie wir sie zuletzt in c't 5/2023 vorgestellt haben, nutzen gezielt Schwachstellen moderner Technik für Angriffe aus. Ein einfaches Beispiel sind USB-Keylogger, die sämtliche Tastatureingaben aufzeichnen. Andere Geräte haben es auf WLAN, Bluetooth oder RFID abgesehen. Um geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen und die Hacking-Hardware identifizieren zu können, muss man sie erst mal kennen – genau dabei hilft Tobias Scheibles Buch. Es stellt etliche Hacking-Gadgets detailliert vor und erklärt, in welchen Angriffsszenarien sie zum Einsatz kommen.

Doch bei der Geräteübersicht belässt es der Autor nicht, denn sein Buch richtet sich auch an Pentester und IT-Sicherheitsverantwortliche in Unternehmen oder Behörden. Daher vermittelt es auch wertvolles Wissen über die Bedeutung und den Ablauf von Penetrationstests. Zudem regt es dazu an, die Aufmerksamkeit der Mitarbeiter in Awareness-Schulungen zu schärfen, die eine wichtige Rolle im Sicherheitskonzept spielen sollten. Denn gerade bei Angriffen durch Hacking-Gadgets ist es essenziell, dass jeder Mitarbeiter die Gefahren kennt und angemessen reagieren kann, wenn er auf ein solches Gerät stößt.

Wer selbst mit den Hacking-Gadgets arbeiten möchte, findet im Buch zu vielen der Geräte konkrete Starthilfe. Legitime Gründe und Anlässe dafür gibt es genügend, etwa im Rahmen von Pentests im eigenen Haus oder für Demonstrationszwecke bei einer Awareness-Schulung. Der Autor erklärt, wie man die Hacking-Geräte in Betrieb nimmt, und liefert in einigen Fällen sogar Beispielcode. Das kann viele Stunden Recherche sparen, denn die Hersteller-Doku ist oft lückenhaft und nicht selten verhaseln Firmware-Bugs einen schnellen Erfolg. Zur Praxis zählt auch die Einrichtung einer Laborumgebung mit VirtualBox und Kali Linux, in der man die Gadgets konfigurieren und ausprobieren kann.

Wer fremde Hacking-Hardware entdeckt, erfährt in einem eigenen Kapitel, wie man die Geräte analysiert und Datenspuren liest, um mehr über Absichten und Identität des Besitzers zu erfahren. Zudem informiert der Autor über Bezugsquellen und rechtliche Aspekte – denn insbesondere der Einsatz der Hacking-Gadgets ist nicht in allen Fällen erlaubt. (rei@ct.de)

Bloß Software?

Entwickler sind sich der Tragweite ihres Tuns oft nicht bewusst. Die Geschichte ist jedoch voll von Beispielen dafür, dass ein kleines Stückchen Code unerwartet große Auswirkungen haben kann. Die Journalistin Torie Bosch hat solche Fälle gesammelt.

Torie Bosch gehört selbst nicht der programmierenden Zunft an. Als Chefredakteurin des publizistisch-akademischen Kooperationsprojekts „Future Tense“ hat sie die politischen und gesellschaftlichen Dimensionen moderner Technik zu ihrem Thema gemacht. Die 26 Essays, die sie für das Buch zusammengetragen hat, belegen auf vielfältige Weise, welchen Einfluss Code haben kann und wie er sogar gesellschaftliche Entwicklungen lenkt.

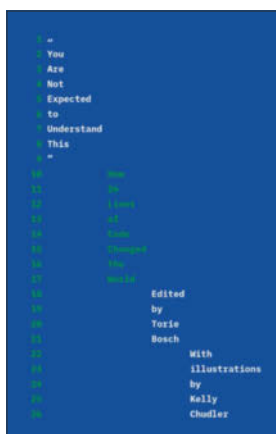
Die Bandbreite der Aufsätze ist groß. Die üblichen Verdächtigen der programmierbezogenen Anekdotenwelt fehlen nicht – so drehen sich einige Texte um die Entstehung von Googles Page-Rank-Algorithmus, um die Anfänge des Like-Buttons bei Facebook und um die Geschichte der ersten Pop-up-Werbung. Auch die erste Mondlandung findet ihren Platz, ebenso wie diverse Marsmissionen und die erste E-Mail.

All das betrifft Meilensteine wirkmächtigen Codeschaffens, deren Konsequenzen erst allmählich ins Bewusstsein der Gesellschaft einsickern. Aber damit erschöpft sich das Buch nicht. Teils noch ergiebiger sind diejenigen Essays, die weniger populäre Beispiele behandeln. Und gerade darin sind politisch hochrelevante Themen verborgen. So geht es etwa darum, wie wichtig die Telegram-App im Iran ist. An einer anderen Stelle berichtet ein Autor darüber, wie seine Expertise in Bezug auf Digitalkameras und das JPEG-Format zur Verurteilung von Tätern in Kinderpornografieprozessen führte. Ein weiterer Text offenbart, wie früh es bereits Software zur Verbrechensprävention gegeben hat.

Über historische Dimensionen hinaus beleuchtet das Buch auch aktuelle Phänomene wie die Bitcoin-Wertschöpfung und den Dieselskandal. Welche Auswirkungen schon wenige Zeilen Code haben können, zeigt nicht zuletzt die geschlechtsspezifische Behandlung von Personen bei Datenbanken.

Die durchweg kurzweilig und in leicht verständlichem Englisch geschriebenen Beiträge stammen von verschiedenen Autoren; es gibt keinen Entstehungszusammenhang. Dennoch ergibt das Ganze eine runde Sache – und eine ebenso erhellende wie unterhaltsame Lektüre für zwischendurch.

(Maik Schmidt/psz@ct.de)



Torie Bosch (Hrsg.)

You Are Not Expected to Understand This

How 26 Lines of Code Changed the World

Princeton University Press,
Princeton (US-NJ) 2022
ISBN 978-0691208480

216 Seiten, 19 €

(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 15 €)



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

21. und 22. Juni 2023
Darmstadt

Jetzt
Tickets mit
Frühbucher-
rabatt
sichern!

www.enterjs.de

+++ Workshops: vor Ort am 20.06. + online am 28.06. sowie weitere Termine +++



NEUROSPACE

VON VLAD HERNÁNDEZ (AUS DEM SPANISCHEN ÜBERTRAGEN VON PIA BIUNDO)

Gleißendes Elektronenlicht explodiert als weißes Rauschen in meinem Thalamus und erschüttert mein Sensorium. Mein Gehirn macht aus dem brennenden Schwindel einen heißen Phosphenregen, während ich durch ein Labyrinth aus Schatten jage.

„Doucement, doucement“, flüstert Valérie, körperlos, im selben Tonfall, in dem sie mich sonst bittet, ihren Rhythmus aufzunehmen, wenn wir uns lieben – allerdings redet sie gerade mit der Software, die das Immersions-Interface steuert. Die graue Wirklichkeit gehorcht der Aufforderung, fängt sich und verlangsamt den Abstieg. Neben mir leuchtet Valéries Avatar wie ein Glühwürmchen, das sich langsam inmitten einer rätselhaften, larvenhaften Stille um sich selbst dreht.

„Mir ist speiübel“, sage ich.

„Keine Panik, David“, gibt sie zurück. Der Input von ihrer Seite verrät mir, dass sie auf dem Wellenkamm der Euphorie surft. „Noch sind wir im sinnesübergreifenden Grenzbereich der primären Aktivitätszone dieses Wesens, aber je tiefer wir in seine Ganglien vordringen, desto mehr Verbindungen mit seiner psychischen Struktur kann unser Übersetzungsprogramm knüpfen. Solche Verbindungen setzt das System rasch in sensoriale Stimuli und neuronale Topografie um – und dann gibt sich auch dein Schwindelgefühl.“

„Na, das klingt doch schon mal sehr beruhigend“, frozele ich.

Meine schöne Valérie spricht von der Verbindung mit einem außerirdischen Geist, als wäre es das Natürlichste auf der Welt. Vokabeln wie „sensoriale Stimuli“ und „neuronale Topografie“ gehören zum Repertoire ihrer Zaubersprüche und ich lasse mich betören. Ihre liebevolle Stimme trägt ebenfalls dazu bei, dass es nicht völlig hirnrissig klingt. Ihre unbändige Begeisterung hat mich unfähig gemacht, nach meinem eigenen Willen zu fragen. Sie hat mich zu einem mentalen Hacker werden lassen, vielmehr zu einem besseren Hilfsbremsen, der sich neuronal mit einem nicht-menschlichen Geist vernetzt, um die Erfahrung des Erstkontakts ungefiltert zu erleben.

Extrem. Bizarrr.

Gefährlich?

Die volkstümliche Vorstellung vom „Cyberspace“ verbindet sich gern mit beeindruckenden Filmszenen von rasanten Flügen in surreal gestalteten virtuellen Umgebungen. Das ist jedoch geradezu ein Klacks gegen das, was geeignete Technik den geneigten Forscher erleben lässt, der völlig fremdartige Träume erkundet.

„Dein Puls dreht auf, David“, informiert mich Valérie. „Du lässt dich doch jetzt nicht etwa von absurden Urängsten unterkriegen?“

„Ein zerrissenes Herz, das meini-ge“, zitiere ich, „das dir ins Unendliche folgt.“

Ich weiche ihrer Frage aus, ich weiß, aber ich werde doch meiner Geliebten nicht auf die Nase binden, dass mir angst und bange wird, während wir durch diesen Trichter aus Schatten und Statik ins

Bodenlose rutschen; dass die in Gegenrichtung ziehende Pseudo-Schwerkraft unserer rotierenden Station zu meiner Übelkeit beiträgt und dass mir dieser Trip, der sich gänzlich meiner Kontrolle entzieht, kein bisschen geheuer ist.

Ich versuche meine Ängste zu verdrängen. Ich denke an meine Schichtkameraden, Werner Schröder und Nadia Chernenko, die im warmen Bettchen ihrer gemeinsamen Kabine schlummern, ohne die geringste Ahnung von meiner waghalsigen Eskapade. Aber vor allem denke ich an Bosch, Martínez und Brooks in ihren heimeligen Tiefkühlkapseln und würde am liebsten mit ihnen tauschen. Wie schön wäre es, jetzt in Kälteschlafträumen zu schwelgen. All dem avantgardistischen Nanotech-Kram zufolge, mit dem Valérie meinen Schädel traktiert hat, sind meine Träume während der Kryophasen friedlich und erquickend und „bilden sich“ – gemäß ihrer Fachlyrik – „als hologrammatischer Tanz von Theta-, Alpha- und Beta-Wellen ab.“

Plötzlich zerreißt der Schattenschleier, ein vielfarbiger Funkenregen setzt ein und am Horizont erscheint eine quecksilbrig blitzende Lichtkrone um eine Art singuläre Finsternis – wie ein Schwarzes Loch, das gerade die letzten Reste eines sterbenden Sterns vernascht.

„Wie es scheint, wird da was lebendig“, sage ich.

„C’est parfait“, gibt sie aufgeregt zurück, „gerade kommen die ersten Primärreferenzen eines Sprachmodells herein. Ich aktiviere jetzt die SF-Funktionen, also mach dich schon mal auf ein Feuerwerk gefasst.“

„SF“ bedeutet sensorisches Feedback – ich mache mich also auf das Schlimmste gefasst. Aber ich sage nichts. Ich wage es nicht, meine Ängste zu äußern. Ich falle einfach weiter hinter Valérie her. Wir fetzen durch die Membran aus weißem Rauschen, brausend schlägt der Neurospace über

uns zusammen und reißt uns mit, hinunter in den Abgrund des Unbekannten.

* * *

Vor zweieinhalb Monaten ist Valerie in mein Leben geplatzt: ein unerwartetes Geschenk von der Erde, überbracht von einem Frachter des Gürtel-Mars-Expresses. Mein Schicksal wollte es, dass ich gerade Wache hatte, also nicht in Kryostase war. Als ich sie im Hangar unserer Raumstation Helm zum ersten Mal vor mir stehen sah, schlug sie mich augenblicklich in ihren Bann: Eine grazile Gestalt schlüpfte da aus ihrem winzigen Einpersonen-Modul, das der Frachter auf seinem Vorbeiflug Richtung Ceres in eine kurze Andockbahn zu unserer Station abgesetzt hatte.

ALL DEM AVANTGARDISTISCHEN NANOTECH-KRAM ZUFOLGE, MIT DEM VALÉRIE MEINEN SCHÄDEL TRAKTIERT HAT, SIND MEINE TRÄUME WÄHREND DER KRYOPHASEN FRIEDLICH UND ERQUICKEND.

Chernenko und ich waren in den Hangar geeilt, um sie zu begrüßen. Sie war auf exotische Weise schön, ein Geschöpf der PanEuropae in zweiter Generation: hochgewachsen, feine nubische Gesichtszüge wie gemeißelt, große orientalische Augen. Ihre Brauen waren neonfarbene Bögen und auf ihrem kahl rasierten Schädel prangte stolz die implantierte Neuronschnittstelle. Sie schenkte uns ein herz-wärmendes Lächeln und für einen Moment war mir, als hielte der Frühling Einzug. Und wie selbstverständlich ging ich davon aus, dass auch von ihrer Seite her die Chemie zwischen uns stimmte.

Valérie hatte an der Uni von Lyon Psychologie studiert und sich danach als Bürgerin der Körperschaft PanEuropae an deren riesigem Wohn- und Bildungskomplex in Barcelona auf Interaktive Neurologie spezialisiert. Sie war gerade fünf- undzwanzig Jahre alt geworden, als der Vorstand von MentaxLab, ihrer Forschungseinrichtung, beschloss, sie auf eine Reise zu schicken, die sie mehr als neunzig Millionen Kilometer von der Erde forttragen sollte: über ein Jahr an Bord des Frachters mit Roesler-Antrieb, der eine dreitägige Zwischenstation im Hafen von Phobos einlegte und dann seine Fahrt fortsetzte, auf welcher er die Umlaufbahn von Helm tangierte. Dort liegt unser Außenposten zu Schürfzwecken. Es ist kaum ein richtiges Habitat, lediglich ein aus Polymeren und hochwertigen Legierungen zusammengeschaubarer Torus mit gigantischen Libellenflügeln, die sich gegen den von Felsen durchsetzten Himmel des Asteroidengürtels abheben. Die Sonne bildet von hier aus betrachtet eine Art winziges gelbes Leuchtfeuer unterhalb der Ekliptik des fernen Mars.

Helm ist ein Arbeitsplatz für sechs Personen – jeweils drei davon aktiv, drei in Kryostase, abwechselnd jeweils einen Monat im Dienst – und unsere eintönige Arbeit seit drei Jahren dort bestand hauptsächlich darin, die lebens-erhaltenden Systeme und das Heer an Mechanos zu über-wachen, welche die Bodenschätze auf den Asteroiden ein-sammeln: kohlige Chondrite, Schwermetalle und flüchtige Verbindungen, die anschließend geprüft und verstaut wer-den, bis der nächste Frachter sie zum Mars oder zur Erde schaffen kann. MentaxLab schickte uns Valérie eigentlich, damit sie unsere neuronalen Aktivitäten während der Kälte-schlafphasen untersuchte, aber ihre Anwesenheit war in erster Linie ein willkommenes frisches Lüftchen für das so-ziale Klima der Station. Und ich betrachtete mich als den Glücklichen von uns allen, denn dieses Wunderwesen war noch keine Woche an Bord, da teilten wir bereits den gegen-seitigen Genuss unserer Körper. Am liebsten hatte ich mit ihr Sex im schwerelosen Zentrum des Toroids: vollkomme-ne Vereinigung, Seufzer, lustvolles Gestammel und, après de la petite mort, das Gefühl einer tiefen Befriedigung, frei schwebend ineinander verschlungen. Zuerst weigerte ich mich, meine aufkommende gefühlsmäßige Abhängigkeit zu erkennen. Ich war dabei, mich in sie zu verlieben, redete mir aber ein, das alles sei nur ein Mittel gegen den Überdruß der Arbeitsroutine, eine zeitweilige Flucht im Kostüm der Romanze, ein Mechanismus zum emotionalen Überleben, zur Verdrängung der elenden Einsamkeit mitten im All ...

Die Wochen vergingen und mein Wachtörn endete; zum ersten Mal ging ich ungern in die Kälteschlafzelle, denn es ärgerte mich, auf Valérie verzichten zu müssen. Aber nach einem Monat – der mir in der subjektiven Wirklichkeit wie ein paar Minuten vorkam – war ich zurück und sie empfing mich mit erneuertem Verlangen. Wieder stöhnten wir voller Lust und raunten einander zärtliche Worte ins Ohr: Sex und Ku-scheln, Sex und Geturtel und ein Gefühl glücklicher Trägheit.

Bis eben jener Schürfmechano andockte und die Illu-sion zerbrach.

* * *

Wir fallen.

Das Interface sorgt dafür, dass wir das Feedback por-tionsweise empfangen, in synästhetischen Häppchen, die einen Vorgeschmack auf körperliche Koordinaten und latent vorhandene biologische Daten geben. Das Brausen wird lau-ter, je näher wir der hypnotischen Lichtkrone kommen, eine Art Psycho-Mief bestürmt meine Geruchsrezeptoren und bringt meine Synapsen zum Feuern. Ich öffne ein Menü und regle den sensorischen Input auf ein Minimum herunter; die Sinneseindrücke verlangsamten sich, gerinnen gleichsam und bilden Klumpen am Rande des Bewusstseins. Es gilt jetzt unbedingt eine Übersättigung zu vermeiden; ansonsten könnte man den Verstand verlieren.

„Attention!“, warnt mich Valérie. Auch sie nimmt ir-gendwelche Feineinstellungen an ihrer Verbindung vor; hinter meiner Retina setzen feine Nadelstiche wie von bren-nendem Phosphor ein. „Nicht erschrecken; jetzt geht’s erst richtig ab.“

Ich möchte die Angst abschütteln, die an meinen Nervenenden nagt. Erneut beruhige ich mich damit, dass

diese abstrakte Reise – wie geheimniskrämerisch und ominös sie auch erscheinen mag – nichts weiter ist als eine digitale Nachbildung, eine Simulation auf Datenbasis, ein Zwischenreich in einer kontrollierten Umgebung.

„Ich bin bereit“, sage ich, obwohl ich weiß, dass ich es nicht bin, dass ich es nie sein werde.

Die Lichtkrone dehnt sich immer schneller aus, bis sie schließlich den Abgrund ausfüllt. Der Neurospace klappt sein großes Maul zu und verschlingt uns.



Eine Apparatur aus Schaltkreisen und Servomotoren – intellektuell nicht viel heller als die künstliche Intelligenz einer Klimasonde – kann die Geschehnisse von Warmblütern, die in einer illusorischen Blase hausen, auf den Kopf stellen. Dieser Gedanke kam uns, als einer der Schürfmehanos mit einem einzigartigen Fund aus unserem Claim des mit protoplanetarischen Schrott vollgestopften Gürtels nach Helm zurückkehrte: eine Ansammlung von Polysacchariden, eingeschlossen in einem löchrigen Asteroidenbrocken.

Schröder, Chernenko, Valérie und ich standen gebannt um den Holo-Projektor herum. Dieser übertrug Bilder aus dem hermetisch abriegelten Bereich, wo Maschinen den Materialklumpen umringten, um ihn abzutasten. Die Scans trudelten begleitet von Anhängen ein, die sich damit befassten, wie das Material biochemisch zusammengesetzt war. Die Ergebnisse erblühten als Grafiken vor unseren Augen, während wir den Atem anhielten. Wir warteten schweigend ab, ohne irgendwelche Erwartungen zu äußern oder Vermutungen zu wagen.

Plötzlich erschien klar und deutlich das Bild eines im Chondrit gefangenen spinnenartigen Aliens. Jubelnd fielen wir uns in die Arme, als wir kapierten, welch ein Glücksfall es war, das Fossil einer außerirdischen Spezies entdeckt zu haben: Unser Leben würde sich dramatisch verändern, wir würden reich und berühmt werden. Aber schon bald erhöhten die ständig genauer werdenden Untersuchungsergebnisse den Einsatz. Es stellte sich nämlich heraus, dass wir gar keine Versteinerung vor uns hatten; vielmehr befand sich der Arachnoid in einem latenten Zustand, eine Absonderung seiner Pigmentzellen schützte ihn vor seiner lebensfeindlichen steinernen Umgebung. Schröder meinte angesichts einer fast unmerklichen Veränderung in der zellulären Kristallographie, das Geschöpf sei höchstwahrscheinlich ein in einem künstlichen Panzer eingeschlossenes organisches Gehirn. War dieses Exoskelett eine vielgliedrige Apparatur für seinen wahrnehmungsfähigen Benutzer? War es ein Vehikel für die Raumfahrt? Wir konnten es nicht sicher bestimmen, aber wir hatten den Beweis, nach dem die menschliche Spezies so lange gesucht hatte: ein hochorganisierter außerirdischer Organismus, intelligentes Leben.

Das war ein sehr befriedigendes Ergebnis für alle: die Menschheit, die Wissenschaft, PanEuropae. Und für uns vier, vor allem für uns; äußerst vorteilhaft in ökonomischer Hinsicht, sagten wir uns und dachten an die großzügige Prämie, die wir für diesen Fund bekommen würden. Es war die Sorte Glückstreffer, auf die es sich ein Leben lang zu warten lohnt.

Also setzte ich mich in meiner Eigenschaft als Schichtleiter an die Kommunikationskonsole und schickte der Erde

einen Bericht über das Ereignis, mit den Stereogrammen der Kreatur als Anhang.

Stunden später kam die Antwort von PanEuropae. Man verstand, was unsere Entdeckung bedeutete, und wollte keine Zeit verschwenden. Ein Schiff der Gesellschaft mit entsprechender wissenschaftlicher Ausstattung bräuchte von der Erde aus mehr als eineinhalb Jahre und selbst eines vom Mars würde fast sechs Monate unterwegs sein. Aber die Kolonie auf Ceres sei, wie es hieß, schon dabei, einen Frachter mit Biologen und anderen Fachleuten an Bord loszuschicken, die wären in einem Monat auf Helm und würden sich darum kümmern, den Fund abzutransportieren.

„NICHT ERSCHRECKEN, JETZT GEHT'S ERST RICHTIG AB.“

Außerdem erhielten wir die Verträge bezüglich der Gratifikationszahlungen: Die Prämien fielen üppig aus. Wir waren überglücklich. Fortan durften wir uns als gemachte Leute betrachten.

Nachdem die erste Euphorie verfliegen war, widmeten Valérie und ich uns wieder unserem gewohnten Liebesleben, aber ich hatte das Gefühl, dass sie beim Sex immer zügelloser wurde, gerade als gäben unser veränderter Status und die Bedeutung des Fundes ihrer Leidenschaft einen wesentlichen Kick. Statt in einvernehmlichem Schweigen eng umschlungen den Akt in der gravitationsfreien Zone des Toroiden ausklingen zu lassen, führten wir jetzt intensive Gespräche. Wir redeten über die Folgen für unsere Gesellschaft und den wissenschaftlichen Zugewinn, den die Untersuchung des spinnenartigen Aliens mit sich bringen würde. Berauscht von der intellektuellen Herausforderung und unserer Neugier begannen wir zu spekulieren: Woher kam es? An welcher Stelle der Galaxis befand sich seine Zivilisation? Wie hatte es hierhergefunden? Was wollte es?

Und da entließ dann Valérie diese irrwitzige Idee aus ihrem Kopf in die Welt:

„Wir können eigentlich jetzt gleich etwas tun, um Antworten auf unsere Fragen zu bekommen“, sagte sie. „Es setzt eine Menge Mut voraus, Mut zum Tabubruch. Aber es wird uns berühmt machen.“



Wir fallen und fallen. Ein körperloser Impuls, ohne jedes Trägheitsmoment.

Der Neurospace des Spinnenwesens öffnet sich wie ein gewaltiges Labyrinth aus extravaganten Formen. Was wir sehen, entspricht der kortikalen Aktivität des Aliens, von Valéries Programm in geometrische Körper transkribiert. Für unsere virtuelle Reise hat der Avatar meiner aufgeregten Reisebegleiterin die Gestalt ihres realen Selbst angenommen. Sie fällt mir voran, während sie zugleich kommentiert, was wir gerade erleben. Sie deutet mir die Begriffswelten, die sich wie erwartet auftun; sie beschreibt, dass wir durch

Über den Autor und die Übersetzerin

Der gebürtige Kubaner **Vlad Hernández** lebt in Barcelona und schreibt auf Spanisch. Bei den c't-Stories war er erstmals in Heft 6/2018 mit „Fragmente einer Fabel“ vertreten. In Heft 2/2022 erschien seine bitterböse kubanische Dystopie „Die Nacht der Jäger“. Seine oft verstörend wirkenden Science-Fiction-Geschichten werden kongenial ins Deutsche übertragen von **Pia Biundo**.

Diese wiederum ist selbst eine erfahrene Autorin. Ihr „Pannenservice“ in Heft 15/2003 beschrieb den abwechslungsreichen Alltag einer im Elektroschweber patrouillierenden Urbanistin. 2013 erschien ihr Roman „Alle Zeit der Welt“ bei Saphir im Stahl. Ihre Übersetzung von Vlad Hernández' „Krieg der Schrecken“ im gleichen Verlag war 2018 für den Kurd-Laßwitz-Preis (KLP) nominiert. 2022 belegte ihre bei Edition Solar-X erschienene deutsche Fassung „Das Licht der Hohlwelt“ von Carlos Suchowolskis Roman „Una nueva consciencia“ beim KLP in der Kategorie „Beste Übersetzung“ den 1. Platz.



Bilder: Vlad Hernández, Pia Biundo

primäre und sekundäre Engramme waten, die aber noch nicht genügen, um zu den kognitiven Ebenen durchzudringen. Sie gibt mir Anweisungen, wie ich steuern soll, wenn wir Windungen und Kurven passieren, die uns, wie sie mir versichert, dem rationalen Kern ganz tief drinnen immer näher bringen.

Und ich folge ihr, weil eine emotionale Nabelschnur, die sich fest um meinen gesunden Menschenverstand gewickelt hat, mich an sie bindet; ich mache einen mentalen Spagat nach dem anderen, um dranzubleiben. Ich missachte meinen dringenden Wunsch, auf eine Art Escape-Taste zu drücken. Ich habe so viel Angst davor, Valérie zu enttäuschen, dass ich mich letztlich widerstandslos und blind durch eine Umgebung zerren lasse, die mein Fassungsvermögen bei Weitem übersteigt.

✱ ✱ ✱

Valérie erwies sich als skrupellose Grenzgängerin, vielleicht aus einer professionellen Deformation heraus. Sie hatte die Gelegenheit gefunden, eine Grenze zu überschreiten und in die Geschichtsbücher einzugehen als die wagemutige Forscherin einer Region, in der unbekannte Maßstäbe galten. Diese Chance wollte sie ergreifen.

„Wir sollten selbst Kontakt aufnehmen“, eröffnete sie mir. Sie meinte, es habe doch keinen Sinn, darauf zu warten, dass die Spezialisten der Gesellschaft, die von Ceres zu uns unterwegs waren, den Erstkontakt herstellten. Valérie, der es an Selbstbeherrschung fehlte, noch drei Wochen abzuwarten, hatte vor, den Umstand auszunutzen, dass sich das spinnenartige Wesen in einem anabiotischen Zustand befand.

„Aber wir haben doch gar nicht die technischen Mittel für sowas“, wandte ich ein, wie um ihr eine Ausrede zu liefern. Aber Valérie, die Unbeirrbare, hatte tagelang Zeit gehabt, über die Sache nachzudenken und Pläne zu schmieden.

„Natürlich haben wir die Mittel“, fuhr sie mir über den Mund. Wir schauten einander wortlos an, schätzten uns gegenseitig ab. Sie sah wohl meine Bedenken und fuhr deshalb starkes Geschütz auf. Sie sagte, wir hätten die Ausrüstung, die Expertise und vor allem die moralische Autorität, um im Namen unserer Spezies mit diesem Wesen in Kontakt zu treten. Schließlich und endlich, betonte sie, sei es ihr Beruf, mit der menschlichen Psychostruktur zu interagieren und sie in deren Traumzustand zu bereisen, wobei sie sich ausgeklügelter nanotechnischer Werkzeuge bediente: Millionen molekularer Bots, die sich an unsere Neuronen anhängen und einem neuartigen Rechner Bericht erstatteten, dessen von Valérie höchstselbst programmierte Software das Netz der Synapsen replizierte, um das Unbewusste abzubilden: den Neurospace, wie sie es nannte, eine virtuelle Landschaft, deren Geologie aus Verknüpfungen, Archetypen und mnemischen Engrammen bestand, die für die Interaktion empfänglich waren.

„Das ist doch nicht dasselbe“, widersprach ich und berief mich dabei auf die Erklärungen, die sie selbst zu ihren Studien gegeben hatte: „Du erforschst das menschliche Gehirn. Deine Programme sind dafür gemacht, Matrizen der menschlichen Persönlichkeit darzustellen.“ Ich zeigte auf die nanoskopische Vergrößerung des zerebralen Ganglions jenes spinnenartigen Geschöpfs auf einem der Monitore. „Wie willst du dein Programm dazu kriegen, sich mit ... *dem da* ... zu verständigen?“

„Ich bin eine Traumhackerin, und dieses Geschöpf träumt. Für mich ist da kein Unterschied“, trumpfte sie auf. Sie ließ den Axialschnitt der Tomographie rotieren. „Seit Tagen studiere ich das – und ich habe die Entsprechung eines neuronalen Netzwerks gefunden. Inzwischen weiß ich ganz genau, wie ich vorgehen muss. Wir können die Nanobots über diese Punkte hier in seinen Panzer einschleusen. Damit kommen wir in die Ganglien. Wenn das Synapsennetz erst einmal kartografiert ist, kann ich die Übersetzungssoftware so programmieren, dass sie die Archetypen nachmodelliert, und dann ist es nur noch eine Frage von Stunden, bis wir seine geistige Bildsprache entziffert haben.“

„Und was dann?“, flüsterte ich und fürchtete mich vor ihrer Antwort.

„Dann gehen wir rein, David“, sagte sie strotzend vor Optimismus. (psz@ct.de)

Fortsetzung im nächsten Heft

Die c't-Stories als Hörversion

Unter heise.de/-4491527 können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple podcasts (ct.de/yz13).

Themenspecial

IT & Karriere I/2023

CLEVERE KÖPFE FINDEN!



Erscheinungstermine:

c't Magazin 10/23	22.04.2023
iX Magazin 05/23	27.04.2023
Anzeigenschluss:	21.03.2023
Druckunterlagen:	23.03.2023

„IT & Karriere“ erscheint als Themenspecial in der Aboauflage von

c't magazin für computer technik + **iX**

Fernstudium IT-Security

Aus- und Weiterbildung zur Fachkraft für IT-Sicherheit. Vorbereitung auf das **SSCP- und CISSP-Zertifikat**. Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

NEU: Roboter-Techniker, Netzwerk-Techniker, Qualitätsbeauftragter / -manager TÜV, Linux-Administrator LPI, PC-Techniker

Teststudium ohne Risiko.
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERNSCHULE WEBER - seit 1959
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. C14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernschule-weber.de



staatlich geprüft und zugelassen

Talk nerdy to me!

c't magazin für computer technik

IT-Security für Alle

Backups bis Passwort-Manager verständlich erklärt

c't WEBINAR

In unserem zweitägigen Webinar am 9. und 11. Mai zeigen wir dir, wie du die digitale Sicherheit deiner Geräte erfolgreich verbessern kannst.

Die Themen des Webinars

- Allgemeine Sicherheit von PCs, Smartphones, WLAN-Routern
- Sicher im Netz unterwegs sein
- Passwort-Manager und Zwei-Faktor-Authentifizierung
- VPNs und wozu sie gut sind
- Messenger (WhatsApp, etc.)



Jetzt Ticket sichern: webinare.heise.de/it-security-fuer-alle

Mac&i Wissen erfahren

Webinar



Welche neuen Datenschutzfunktionen bietet Apple?

Es geht um Themen wie Differential Privacy, App-Datenschutzbericht und die Bedeutung von Begriffen wie „Hide my E-Mail“ oder „iCloud-Private-Relay“

28.03.2023

Enthalten in  **Mac&i PRO**

Webinar



Apple Watch im Unternehmenseinsatz

Erfahren Sie in unserem Webinar Herausforderungen des beruflichen Einsatzes der Apple Watch & wie man damit umgeht.

18.04.2023

Enthalten in  **Mac&i PRO**

Webinar



Security Best Practices mit CryptoKit

Lernen Sie, wie Sie Kryptographie für iOS mit CryptoKit implementieren können und wie sich kryptographische Operationen systemübergreifend nutzen lassen.

26.04.2023

Enthalten in  **Mac&i PRO**

Workshop



iPads in Schulen


Tablets sind aus der modernen Schule nicht mehr wegzudenken. Erfahren Sie alle wichtigen Aspekte, um Apple-Geräte auf einfache Art und Weise bereitzustellen und sie anschließend von zentraler Stelle aus zu verwalten.

09. – 10.05.2023


Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern: **heise-events.de**

ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de Alternativer Breitbandatlas - Breitbandatlas.eu 

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@softaktiv.de, Internet: www.softaktiv.de 

EDELSTAHL LED SCHILDER: www.3D-buchstabe.com
HAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de 

nginx-Webhosting: timmehosting.de 

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085 

www.patchkabel.de - LWL und Netzwerk Kabel xxs-kurze Daten- & Netzkabel: kurze-kabel.de 

Softwareentwicklung für die Umwelt und die Energiewende. Schnelle Datenbank, schöne Grafiken, Datenimport und Export und Analyse. toposoft GmbH Aachen, www.toposoft.de 

**Anzeigenschluss
für die nächsten
erreichbaren Ausgaben:**
09/2023: 20.03.2023
10/2023: 31.03.2023
11/2023: 17.04.2023

c't – Kleinanzeigen

Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,- ; jede weitere Zeile € 16,-

Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

Hinweis: Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

☐ Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.
Sparkasse Hannover,
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz ☐ privat ☐ gewerblich* (werden in c't mit  gekennzeichnet) ☐ Chiffre

€ 10,-	(20,-)	
€ 18,-	(36,-)	
€ 26,-	(52,-)	
€ 34,-	(68,-)	
€ 42,-	(84,-)	
€ 50,-	(100,-)	
€ 58,-	(116,-)	
€ 66,-	(132,-)	

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. * Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an:  Heise Medien GmbH & Co. KG
c't-Magazin, Anzeigenabteilung
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.



Impressum

Redaktion

Heise Medien GmbH & Co. KG, Redaktion c't
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-300
Telefax: 05 11/53 52-417
Internet: www.ct.de, E-Mail: ct@ct.de

Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe: „VPN der Zukunft“: Dušan Živadinović (dz@ct.de), „Handys von 70 bis 200 Euro“: Robin Brand (rbr@ct.de)

Chefredakteur: Dr. Jürgen Rink (jr@ct.de) (verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Axel Kossel (ad@ct.de)

Chef vom Dienst: Georg Schnurer (gs@ct.de)

Leser & Qualität

Leitung: Achim Barczok (acb@ct.de)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (mat@ct.de)

Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen

Leitende Redakteure: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Jo Bager (jo@ct.de)

Redaktion: Holger Bleich (hob@ct.de), Anke Brandt (abr@ct.de), Greta Friedrich (gref@ct.de), Tim Gerber (tig@ct.de), Arne Grävemeyer (agr@ct.de), Immo Junghärtchen (imj@ct.de), Markus Montz (mon@ct.de), Peter Schmitz (psz@ct.de), Sylvester Tremmel (syt@ct.de), Andrea Trinkwalder (atr@ct.de), Dorothee Wiegand (dwi@ct.de), Stefan Wischner (swi@ct.de)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitende Redakteure: Peter Siering (ps@ct.de), Jan Mahn (jam@ct.de)

Redaktion: Niklas Dierking (ndi@ct.de), Mirko Dölle (mid@ct.de), Wilhelm Drehling (wid@ct.de), Liane M. Dubowy (imd@ct.de), Ronald Eikenberg (rei@ct.de), Oliver Lau (ola@ct.de), Pina Merkert (pmk@ct.de), Dennis Schirmacher (des@ct.de), Hajo Schulz (hos@ct.de), Jan Schüßler (jss@ct.de), Kathrin Stoll (kst@ct.de), Keywan Tonekaboni (ktm@ct.de), Axel Vahldiek (avx@ct.de)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (civ@ct.de), Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de), Dušan Živadinović (dz@ct.de)

Redaktion: Ernst Ahlers (ea@ct.de), Christian Hirsch (chh@ct.de), Benjamin Kraft (bkr@ct.de), Lutz Labs (ll@ct.de), Andrijan Möcker (amo@ct.de), Florian Müssig (mue@ct.de), Rudolf Opitz (rop@ct.de), Carsten Spille (csp@ct.de)

Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (jow@ct.de), Jan-Keno Janssen (jkj@ct.de)

Redaktion: Robin Brand (rbr@ct.de), Sven Hansen (sha@ct.de), Steffen Herget (sh@ct.de), Nico Juran (nij@ct.de), André Kramer (akr@ct.de), Michael Link (mil@ct.de), Urs Mansmann (uma@ct.de), Stefan Porteck (spo@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

c't online: Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de)

Social Media: Jil Martha Baee (jmb@ct.de)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (mat@ct.de)

Redaktionsassistentz: Susanne Cölle (suc@ct.de), Christopher Tränkmann (cht@ct.de)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbach (kaw@ct.de)

Technische Assistenz: Ralf Schneider (Lt看., rs@ct.de), Christoph Hoppe (cho@ct.de), Stefan Labusga (sla@ct.de), Arne Mertins (ame@ct.de), Jens Nohl (jno@ct.de), Daniel Ladeira Rodrigues (dro@ct.de), Wolfram Tege (te@ct.de)

Dokumentation: Thomas Masur (tm@ct.de)

Verlagsbüro München: Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/42 71 86-0, Fax: 0 89/42 71 86-10

Ständige Mitarbeiter: Leo Becker (lbe@ct.de), Detlef Borchers, Herbert Braun (heb@ct.de), Tobias Engler, Monika Ermert, Stefan Krempf, Ben Schwan (bsc@ct.de), Christiane Schulzki-Haddouti

DTP-Produktion: Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Ulrike Weis

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Digitale Produktion: Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Illustrationen

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülpe, Thomas Kühlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

c't-Krypto-Kampagne: Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC58EEDD33A
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

heise Investigativ: Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren. Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>
via Tor: ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckxz2vhf2hbarbbzydm7oad.onion

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.heise.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglieder der Geschäftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 39 vom 1. Januar 2022.

Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien): Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, www.mediagate.com.tw Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: mei@mediagate.com.tw

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Werbeleitung: Julia Conrades (-156)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL, appl druck, Senefelderstr. 3-11, 86650 Wemding

Kundenkonto in der Schweiz: PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4, BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

Vertrieb Einzelverkauf:

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG
Meßberg 1
20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815
E-Mail: info@dermedienvvertrieb.de

c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9.90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €; Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK
Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236.60 CHF); ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145.60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30.80 CHF) Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGE, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177.45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

Leserservice:
Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.
Heise Medien GmbH & Co. KG
Leserservice
Postfach 24 69
49014 Osnabrück
E-Mail: leserservice@ct.de
Telefon: 05 41/8 00 09-120
Fax: 05 41/8 00 09-122
c't abonnieren: Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo) oder E-Mail (leserservice@ct.de).
Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.
Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.
Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com. Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.
© Copyright 2023 by Heise Medien GmbH & Co. KG
ISSN 0724-8679 AWA LAE 

Inserenten*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur	196
1blu AG, Berlin	23
AVM Computersysteme Vertriebs GmbH, Berlin	2
Bressner Technology GmbH, Gröbenzell	75
Brother International GmbH, Bad Vilbel	11
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen	37
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	45
Fernschule Weber, Großenkneten	189
ITK Engineering GmbH, Rülzheim	55
MailStore Software GmbH, Viersen	49
NCP engineering GmbH, Nürnberg	13
O'Reilly, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	39
RaidSonic Technology GmbH, Ahrensburg	33
RNT Rausch GmbH, Ettlingen	53
WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe	35
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal	43
WORTMANN AG, Hüllhorst	4, 5

Veranstaltungen

secIT by Heise	Heise Medien	8, 9
MITEXX	c't, FLEET Events, MBmedien	14
c't Workshops	c't, heise Events	71
building IoT	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	77
iX Workshops	iX, heise Events	143
Minds Mastering Machines	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	145
Webinar Serie .NET	heise Academy	177
enterJS	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	183
Webinar IT-Security	c't	189
Mac & i Workshops	heise Events	190

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen von Strato AG, Berlin und Heise Medien GmbH & Co. KG, Hannover.

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich. Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.



Maßgeschneidert!

Bauen Sie Ihren Wunsch-PC

- Selbstbau-Wunsch-PC
- Allround-PC: Sparsam, leise, trotzdem schnell
- Komponenten im Test
- Kaufberatung SSDs und Festplatten
- Ratgeber Hardware-Kauf
- inkl. GRATIS-Webinar: Sichere Konfiguration von Büro-PCs – Hardware und BIOS-Setup

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-hardwareguide22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop

Vorschau **ct** 8/2023

Ab 25. März im Handel und auf **ct.de**



Geräumige PC-Gehäuse mit Extras

Reichlich Platz zum Basteln, für die Wasserkühlung, für viele Festplatten oder ein Server-Board mit zwei CPU-Fassungen: Das haben nur die großen Gehäuse, von denen wir drei Exemplare unter 200 Euro testen – selbstverständlich mit USB-C-Frontanschluss.



3D-Druck für alle

3D-Drucker produzieren sehr günstig einzelne Bauteile, die man zum Beispiel für Reparaturen benötigt. Über die Webdienste von Fertigern ist der Einstieg auch ohne eigenen Drucker möglich. Mit einem eigenen FDM-Drucker kann man aber viel mehr ausprobieren. Lesen Sie, was heute alles einfach möglich ist.

KI in der Videoproduktion

Wir wollen wissen, wie gut künstliche Intelligenz bei der Videoproduktion hilft. Dazu vertrauen wir einzelne Aspekte des Filmemachens spezialisierten KIs an und loten deren Fähigkeiten und Grenzen aus – vom Drehbuchschreiben über Sprachausgabe bis zum automatisierten Schnitt.

Mastodon wächst

Der verteilte Kurznachrichtendienst Mastodon gedeiht – langsam, aber kontinuierlich. Neue Clients und Dienste machen ihn wesentlich intuitiver und bequemer nutzbar als noch vor wenigen Monaten. Und dank neuer Server-Software ist es einfacher geworden, eine eigene Instanz aufzusetzen.

Jedem sein E

Schwankende Energiepreise, wechselnde Förderpolitik und lange Lieferzeiten: Die Entscheidung fürs E-Auto fällt 2023 schwer. Außer reinen Stromern gibt es immer mehr Hybride mit unterschiedlich viel „E inside“. Wir schauen, worauf es beim E-Autokauf ankommt und erklären die Hybridtechnik.

Noch mehr Heise-Know-how



ix 3/23 jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**



c't Fotografie 02/23 jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**



c't Daten schützen jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**

Sind Ihre Daten sicher?



c't **DATEN SCHÜTZEN**
IT einfach sicher machen

Der große Security-ONLINEKURS

VIDEOKURS Corinna Göring
Informationssicherheit im Unternehmen
Der umfassende Kurs für Datensicherheit im Unternehmen

Der umfassende Kurs für Datensicherheit im Unternehmen, anschaulich erklärt in 80 Lektionen, Laufzeit: 5:33 Stunden

PLUS
heise-Academy-Webinar im Wert von 99,- Euro

E-Mail sicher nutzen
Tipps für den Alltag
Phishing-Mails erkennen
Verdächtige Mailanhänge untersuchen und entschärfen

Praktischer Datenschutz im Alltag
Office-Dateien in der Cloud verstecken
Onlinedienste datenschutzkonform nutzen
Videoüberwachung legal einsetzen

Sicher speichern und transportieren
Verschlüsselung gegen Datenklau
USB-Sticks & Co.: Sichere Medien für unterwegs

+ GRATIS Videokurs im Wert von 99,- €

Dieses c't-Sonderheft ist Ihr Leitfaden für praktischen Datenschutz im Alltag aber zeigt Ihnen auch wie Sie sich vor Cybergangstern schützen können:

- Gefahrloser Umgang mit E-Mails
- Office-Dateien in der Cloud verstecken
- Sicher speichern und lagern
- Verschlüsselung gegen Datenklau
- Inkl. GRATIS heise-Academy-Kurs „Informationssicherheit im Unternehmen“
- Auch im Paket-Angebot mit Buch „Cloud Computing nach der Datenschutz-Grundverordnung“ zum Sonderpreis

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €



shop.heise.de/ct-datenschutz23

NEU Samsung Galaxy S23

mit Galaxy Buds2 Pro gratis*



Die neue Samsung Galaxy S23-Serie – bei 1&1 mit 3-fach-Vorteil!

- ✓ **Galaxy S23 schon ab einmalig 0,- €*** zusammen mit der 1&1 All-Net-Flat S zum endlosen Telefonieren & Surfen* ab 29,99 €/Monat in den ersten 6 Monaten, danach 59,99 €/Monat
- ✓ **Gratis Galaxy Buds2 Pro:** Die neuesten Bluetooth-Kopfhörer im Wert von 229,- € gratis* dazu
- ✓ **Alt gegen Neu!** Im Tausch gegen Ihr altes Handy erhalten sie je nach Modell und Zustand bis zu 950,- €, mindestens jedoch 200,- €*

Inklusive



Alt gegen Neu

1&1 zahlt Ihnen eine hohe Tauschprämie beim Kauf eines neuen Geräts.*



24 h Austausch-Service

Im Schadensfall erhalten Sie innerhalb von 24 h ein neues Gerät.* Ohne zusätzliche Handy-Versicherung!



Sofort-Start

Heute bestellt, schon morgen telefonieren und surfen.



30 Tage testen

Geräte, Netz, Tarif – Sie können alles einen Monat lang unverbindlich testen.*



Priority-Hotline

1&1 ist rund um die Uhr persönlich für Sie da. Kein Sprachcomputer.



1und1.de
0721/960 1000

*Samsung Galaxy S23, S23+ oder S23 Ultra für je 0,- € einmalig, z.B. mit der 1&1 All-Net-Flat S (5 GB Highspeed-Volumen pro Monat, danach unbegrenzt mit 64 kBit/s weitersurfen) die ersten 6 Monate für 29,99 €/Monat (S23), 39,99 €/Monat (S23+) oder 44,99 €/Monat (S23 Ultra), danach 59,99 €/Monat (S23), 64,99 €/Monat (S23+) oder 69,99 €/Monat (S23 Ultra). Gratis Telefonieren und Surfen gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste, Verbindungen aus Deutschland ins Ausland sowie Roaming außerhalb EU gemäß Preisliste. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Einmaliger Bereitstellungspreis je 39,90 €. Je 24 Monate Vertragslaufzeit. Sonderkündigung im ersten Monat (30 Tage testen). 24 h Austausch-Service bei gleichzeitiger Vertragsverlängerung (24 Monate) sowie Rückgabe des defekten Geräts. Höhe der Alt gegen Neu Prämie abhängig vom eingesendeten Gerät (Modell & Marke). Es gelten die jew. Servicebedingungen. Galaxy Buds2 Pro sind bei Kauf eines Gerätes der S23-Serie nach Vertragsschluss bis zum 05.04.2023 kostenlos im 1&1 Control-Center anforderbar. Weitere Infos unter 1und1.de/teilnahmebedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. Aktion ab 17.02.2023. 1&1 Telecom GmbH, 56403 Montabaur. WEE-Nr. DE13470330

